

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDIPO VINICIUS DOS SANTOS TAGLIATELLA

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE  $\text{NO}_2$  E  $\text{NH}_3$  NO AEROSSOL  
ATMOSFÉRICO EM PARANAGUÁ – PR**

MATINHOS

2017

EDIPO VINICIUS DOS SANTOS TAGLIATELLA

**DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DE NO<sub>2</sub> E NH<sub>3</sub> NO AEROSSOL  
ATMOSFÉRICO EM PARANAGUÁ – PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Territorial Sustentável, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Setor Litoral, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Arantes Reis

Co-Orientador: Prof. Dr. Emerson Joucoski

MATINHOS

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte  
Biblioteca da Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral

T127d Tagliatella, Edipo Vinicius dos Santos  
Distribuição temporal de NO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> no Aerossol atmosférico em Paranaguá –  
PR / Edipo Vinicius dos Santos Tagliatella; orientador Rodrigo Arantes Reis;  
co-orientador Emerson Joucoski. – 2017.  
145 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná - Setor Litoral,  
Matinhos/PR, 2017.

1. Poluição atmosférica – Paranaguá. 2. Litoral do Paraná. 3. Porto –  
Paranaguá. 4. Poluição atmosférica - amônia. 5. Poluição atmosférica – dióxido  
de nitrogênio. I. Dissertação (Mestrado) – Programa do Mestrado em  
Desenvolvimento Territorial Sustentável. II. Título.

CDD – 363.7392



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor LITORAL  
Programa de Pós Graduação em DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL SUSTENTÁVEL  
Código CAPES: 40001016081P3

### TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **EDIPO VINICIUS DOS SANTOS TAGLIATELLA**, intitulada: "**Análise temporal de NO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> no aerossol atmosférico em Paranaguá**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

APROVAÇÃO

MATINHOS. 30 de Março de 2017.

  
RODRIGO ARANTES REIS

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
LEANDRO ANGELO PEREIRA

Avaliador Externo (IFPR)

  
LUCIANO FERNANDES HUERGO

Avaliador Interno (UFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer primeiramente a Deus, por ter me concedido a existência e o fôlego de vida, sempre me fortaleceu em todos os momentos de minha caminhada terrena, sendo meu amparo e fortaleza. Agradeço pelo seu amor paternal, pois todos os dias esteve presente em minha vida, a ele a glória para sempre! Também à minha família pelo apoio dado nestes anos de graduação. A minha mãe Nelci, pois sempre me motivou estudar. Seu sorriso sempre me trouxe paz e alegria, como também esperança de um novo amanhecer. Ao meu Pai João que me ensinou que em tempos de guerra nunca devemos baixar a guarda, alguém que nunca mediu esforços para amparar a família, tenho orgulho de ser seu filho. A minha irmã Sarah que é meu presente vindo do Pai celestial, uma amiga em qualquer momento. Aos meus Orientadores, a quem possuo grande admiração, Rodrigo Arantes Reis e Emerson Joucoski. Pela a oportunidade de participar desta pesquisa, e por todo o apoio que me concederam para a continuidade da mesma, aprendi muito através da liderança destes grandes homens, sempre serei grato por esta oportunidade. Aos técnicos dos laboratórios: Gilnei, Paula, Mariana, Flávio, e Andréia. Sempre se preocuparam que fizéssemos os procedimentos corretos nos laboratórios, sou grato pelo cuidado minucioso demonstrado por nós. Aos meus colegas de pesquisa Felipe, Gustavo e Bruno. Sempre prestaram a ajuda necessária para a efetivação dos resultados e nunca mediram esforços para nos auxiliar. A ajuda dos mesmos foram de grande importância para a continuidade deste projeto. Aos motoristas do CENTRAN que tiveram muita paciência nas viagens feitas frequentemente para Paranaguá. Não posso citar nomes, pois são muitos, agradeço pela disposição e bom humor com que sempre fui tratado nessas viagens.

“Ensina-nos a contar os nossos  
dias de tal maneira que alcancemos  
corações sábios”

(Salmo 90:12)

## RESUMO

As áreas portuárias são centros de atividades econômicas e também grandes geradoras de impactos ao meio ambiente, que tendem a aumentar devido ao crescimento global do comércio. Nestas, ocorrem várias fontes de emissão de poluentes para a atmosfera, entre elas: locomotivas, caminhões, navios e rebocadores. As consequências na saúde da população local, devido à grande emissão de poluentes no ar são diversas, e consistem no maior risco ambiental a saúde humana atualmente. Paranaguá, uma das sete cidades do litoral paranaense, tem sua economia baseada na atividade portuária, sendo o porto de Paranaguá um dos mais importantes do Brasil e o maior exportador de grãos da América Latina. Devido a um importante complexo industrial relacionada a produção e transporte de fertilizantes no local, iniciativas que visem a compreensão da dinâmica poluidora para elementos relacionados a estas atividades são de extrema importância. Neste estudo, foi utilizado um equipamento chamado de APV (Amostrador de Pequeno Volume) para avaliação das concentrações de amônia ( $\text{NH}_3$ ) e dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ). O monitoramento da qualidade do ar foi realizado ao longo de 12 meses, foram obtidas, para os poluentes amostrados, médias gerais, mensais e sazonais. A média anual para dióxido de nitrogênio e amônia, ficou no entorno de  $12,9 \pm 7,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $3,61 \pm 3,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Houve variação na concentração dos poluentes com relação a sazonalidade, pois foi constatado que no inverno houve maior concentração de dióxido de nitrogênio e no outono houve predominância de amônia. A partir do levantamento bibliográfico é possível estimar que a contaminação, tanto  $\text{NO}_2$  quanto  $\text{NH}_3$ , seja proveniente principalmente da atividade portuária, incluindo o tráfego de carros, caminhões e indústrias de fertilizantes. Os dados foram relacionados com variáveis através de cálculos estatísticos, utilizando-se para isto o software estatístico R. o resultado estatístico mostrou que não houve boa relação entre os poluentes amostrados e as variáveis. No entanto, o programa estatístico Open Air demonstrou que existe uma importante relação entre a direção do vento e potenciais fontes poluidoras. As médias anuais dos poluentes amostrados, foram comparadas aos resultados obtidos em pesquisas ao redor do mundo.

Palavra-chave: Poluição Atmosférica, Porto, Paranaguá.



## ABSTRACT

The portuary areas are the center of economic activities and also generate big environmental impacts, which tends to increase due the global trade growth. It this, occur many air pollution sources, as trains, trucks, ships and tugboats. The consequences on health of the local population, due the great pollutant emissions are many, and consist in the biggest environmental risk to the human health today. Paranaguá, one of the seven cities of Paraná's coast, has its economy based on port activity, being The port of Paranaguá one of the most important in Brazil, and the biggest grain exporter in Latin America. Due the large number of industries related to production and transport of fertilizers, initiatives aimed at understanding the dynamics of pollutant elements related to these activities are important. In this study, we used a small volume sampler to assess the ammonia ( $\text{NH}_3$ ) concentration and nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ ). The monitoring analysis was realized in twelve months, where, general, monthly and seasonal averages were obtained for the pollutants sampled. The annual average for nitrogen dioxide and ammonia was around  $12.9 \pm 7.41 \mu\text{g} / \text{m}^3$  and  $3.61 \pm 3.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . There was variation in the concentration of pollutants in relation to seasonality, since it was observed that in the winter there was a higher concentration of nitrogen dioxide and in the autumn there was a predominance of ammonia. From the bibliographical survey it is possible to estimate that the contamination, both  $\text{NO}_2$  and  $\text{NH}_3$ , comes mainly from port activity, including the traffic of cars, trucks and fertilizer industries. The data were related to variables through statistical calculations, using the statistical software R. The statistical result showed that there was no good relation between the pollutants sampled and the variables. However, the Open Air statistical program has shown an important relationship between wind direction and potential pollutant sources. The annual averages of the pollutants sampled were compared to the results obtained in surveys around the world.

Keywords: Air pollution, Ports, Paranaguá.



## Lista de Figuras

FIGURA 1: PADRÕES DE QUALIDADE NO AR EM VIGOR NO BRASIL.....	23
FIGURA 2: COMPARAÇÃO DE FONTES MOVEIS DE POLUIÇÃO NO PORTO DE LOS ANGELES.....	27
FIGURA 3: REAÇÃO PARA FORMAÇÃO DE ÁCIDO NÍTRICO.....	31
FIGURA 4: LOCALIZAÇÃO DO COLÉGIO SÃO FRANCISCO, E AS POTENCIAIS FONTES DE EMISSÃO.....	51
FIGURA 5: EQUIPAMENTO NA GAIOLA.....	52
FIGURA 6: EQUIPAMENTO APV.....	53
FIGURA 7: FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO.....	53
FIGURA 8: ESPECTROFOTÔMETRO.....	56
FIGURA 9: RELAÇÃO ENTRE FONTES POLUIDORAS E DIREÇÃO DO VENTO..	84
FIGURA 10: COMPARAÇÃO ENTRE A MÉDIA MENSAL DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA MENSAL DE NO2.....	85
FIGURA 11: GRÁFICO DA ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA NO2.....	89
FIGURA 12: COMPARAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DE VEÍCULOS (CAMINHÃO E ÔNIBUS) NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	92
FIGURA 13: RELAÇÃO ENTRE FONTES POLUIDORAS E DIREÇÃO DO VENTO	93
FIGURA 14: COMPARAÇÃO ENTRE A MÉDIA MENSAL DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA MENSAL DE NH3.....	94
FIGURA 15: COMPARAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DE VEÍCULOS (CAMINHÃO E ÔNIBUS) NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	100
FIGURA 16: RELAÇÃO ENTRE POTENCIAIS FONTES E DIREÇÃO DO VENTO	102

## Lista de Gráficos

GRÁFICO 1 – CONCENTRAÇÃO DAS AMOSTRAGENS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NO PERÍODO DE UM ANO DE PESQUISA.....	60
GRÁFICO 2 – MÉDIA MENSAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	61
GRÁFICO 3 – MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	65
GRÁFICO 4 – MÉDIA DIÁRIA DE AMÔNIA NO PERÍODO EM UM ANO DE AMOSTRAGEM.....	65
GRÁFICO 5 – MÉDIA MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA.....	69
GRÁFICO 6 – MÉDIA SAZONAL DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA.....	71
GRÁFICO 7 – MÉDIA DIÁRIA DE ÔNIBUS E CAMINHÕES.....	72
.....	72
GRÁFICO 8 – MÉDIA MENSAL DE ÔNIBUS E CAMINHÕES NOS DIAS DE COLETAS.....	74
GRÁFICO 9 – MÉDIA SAZONAL DE ÔNIBUS E CAMINHÕES.....	75
GRÁFICO 10 – DIREÇÃO DO VENTO E VELOCIDADE DO VENTO NO PERÍODO AMOSTRAL.....	76
GRÁFICO 11 – DIREÇÃO DO VENTO E VELOCIDADE DO VENTO NO OUTONO E INVERNO.....	77
GRÁFICO 12 – DIREÇÃO DO VENTO E VELOCIDADE DO VENTO NA PRIMAVERA E VERÃO.....	78
GRÁFICO 13: ROSA DA POLUIÇÃO PARA NH <sub>3</sub> .....	79
GRÁFICO 14 – ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA AMÔNIA – OUTONO E INVERNO.....	80
GRÁFICO 15 – ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA AMÔNIA – PRIMAVERA E VERÃO.....	81
GRÁFICO 16: ROSA DA POLUIÇÃO PARA NO <sub>2</sub> .....	82
.....	82
GRÁFICO 17 – ROSA DA POLUIÇÃO DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO – OUTONO E INVERNO.....	83
GRÁFICO 18 – ROSA DA POLUIÇÃO DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO – PRIMAVERA E VERÃO.....	83

GRÁFICO 19 – RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE NO <sub>2</sub> AO LONGO DA PESQUISA.....	86
GRÁFICO 20 – RELAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DA TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	90
GRÁFICO 21 – RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE NH <sub>3</sub> AO LONGO DA PESQUISA.....	96
GRÁFICO 22 – RELAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DA TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA.....	99

## LISTA DE QUADRO

QUADRO 1: ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH-M) - 2010.....	45
QUADRO 2: ÍNDICE DE GINI DA RENDA DOMICILIAR PER CAPITA – 2010.....	46
QUADRO 3: INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO EM ALGUNS PAÍSES.....	91
QUADRO 4: RELAÇÃO ENTRE A SAZONALIDADE E CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA EM VÁRIAS LOCALIDADES.....	101

## ÍNDICE DE TABELAS

### Índice de tabelas

TABELA 1: EVOLUÇÃO HISTÓRICA – CARGAS MOVIMENTADAS PELO SETOR PORTUÁRIO BRASILEIRO EM TONELADAS (T).....	20
TABELA 2: AS 10 PRINCIPAIS PRIORIDADES AMBIENTAIS NO SETOR PORTUÁRIO EUROPEU AO LONGO DO TEMPO.....	21
TABELA 3: PADRÕES ANUAIS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO AO REDOR DO MUNDO.....	24
TABELA 4: PRODUTO INTERNO BRUTO PER CAPITA DE 2010-2014.....	45
TABELA 5: PADRÃO DE ANÁLISE DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	57
TABELA 6: RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO E VARIÁVEIS.....	63
TABELA 7: RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO DA MÉDIA MENSAL DE AMÔNIA E VARIÁVEIS.....	69
TABELA 8: MÉDIA MENSAL E TOTAL ABSOLUTO MENSAL DE VEÍCULOS PESADOS.....	74
TABELA 9: – MÉDIA ANUAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO EM ALGUMAS CIDADES AO REDOR DO MUNDO.....	88
TABELA 10: MÉDIA ANUAL DE AMÔNIA EM ALGUMAS CIDADES AO REDOR DO MUNDO.....	97

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APPA	– Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina
APV	- Amostrador de Pequeno Volume
AGV	- Amostrador de Grande Volume
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente.
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SIMEPAR	- Sistema Meteorológico do Paraná
USEPA	- Agência de Proteção Ambiental Americano
NO <sub>2</sub>	- Dióxido de Nitrogênio
NH <sub>3</sub>	- Amônia
Ppb	- Parte Por Bilhão

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 IMPORTÂNCIA DOS PORTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADO PELO PORTO.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 PADRÕES DE EMISSÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.1 PADRÕES DE EMISSÃO PARA DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 PADRÕES DE EMISSÃO PARA AMÔNIA.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DO NO<sub>2</sub>.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5 FONTES DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.1 FONTES ANTROPOGÊNICAS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.2 TRÁFEGO MARÍTIMO.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6 RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E NO<sub>2</sub>.....</b>	<b>29</b>
<b>2.7 SAZONALIDADE E NO<sub>2</sub>.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8 IMPACTOS DO NO<sub>2</sub> AO MEIO AMBIENTE.....</b>	<b>32</b>
<b>2.9 IMPACTOS DO NO<sub>2</sub> A SAÚDE HUMANA.....</b>	<b>32</b>
<b>2.10 PESSOAS MAIS SUSCEPTÍVEIS AOS EFEITOS DOS NO<sub>x</sub> (GRUPO DE RISCO).....</b>	<b>34</b>
<b>2.11 AMÔNIA (NH<sub>3</sub>).....</b>	<b>36</b>
<b>2.12 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DA AMÔNIA.....</b>	<b>36</b>
<b>2.13 PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE AMÔNIA.....</b>	<b>37</b>
<b>2.13.1 TRÁFEGO.....</b>	<b>37</b>
<b>2.13.2 INDÚSTRIAS DE FERTILIZANTES.....</b>	<b>38</b>
<b>2.14 RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICA E AMÔNIA.....</b>	<b>39</b>
<b>2.15 VARIAÇÃO SAZONAL E AMÔNIA.....</b>	<b>41</b>
<b>2.16 CONSEQUÊNCIAS DA EMISSÃO DA AMÔNIA AO AMBIENTE.....</b>	<b>43</b>
<b>2.17 PARANAGUÁ.....</b>	<b>44</b>
<b>2.18 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>2.19 ATIVIDADE ECONÔMICA DE PARANAGUÁ.....</b>	<b>45</b>
<b>2.20 ATMOSFÉRICOS (NOSSO ESTUDO).....</b>	<b>46</b>
<b>3.0 OBJETIVOS.....</b>	<b>50</b>



3.1 OBJETIVO GERAL.....	50
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	50
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	51
3.2 PERÍODO DE AMOSTRAGEM.....	52
3.3 PROCESSO DE AMOSTRAGEM.....	53
3.4 PROCESSO DE ANÁLISE DA AMÔNIA.....	54
3.4.1 A SOLUÇÃO TRABALHO DE HIPOCLORITO.....	54
3.4.2 SOLUÇÃO DE TRABALHO DE FENOL.....	54
3.4.3 ANÁLISE DE AMÔNIA.....	54
3.4.4 PRINCÍPIOS DO MÉTODO.....	55
3.4.5 PREPARAÇÃO DOS PADRÕES.....	55
3.4.6 ESPECTROFOTÔMETRO.....	55
3.4.7 CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA.....	56
3.5 ANÁLISE DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	57
3.5.1 PADRÃO DE ANÁLISE DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	57
3.5.2 PRINCÍPIOS DO MÉTODO.....	58
3.5.3 CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	58
3.6 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS.....	58
3.7 RELAÇÃO DO TRAFEGO COM A POLUIÇÃO.....	59
3.8 PROGRAMAS ESTATÍSTICOS.....	59
4.0 RESULTADOS.....	60
4.1 MÉDIA DIÁRIA DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	60
4.2 MÉDIA MENSAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	61
4.3 MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	64
4.4 MÉDIA HORÁRIA DE AMÔNIA.....	65
4.5 MÉDIA MENSAL DE AMÔNIA.....	66
4.6 MÉDIA SAZONAL DE AMÔNIA.....	70
4.7 DADOS ABSOLUTOS DE CAMINHÕES E ÔNIBUS.....	71
4.8 MÉDIA MENSAL DE CAMINHÕES E ÔNIBUS.....	72
4.9 MÉDIA SAZONAL CAMINHÕES E ÔNIBUS.....	75

4.10 ROSA DOS VENTOS NO PERÍODO AMOSTRAL PARA AMÔNIA E DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	76
4.11 ROSA DOS VENTOS NAS ESTAÇÕES DO ANO.....	77
4.12 ROSA DA POLUIÇÃO PARA AMÔNIA.....	78
4.13 ROSA DA POLUIÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	81
4.14 ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	82
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	84
5.1 RESULTADOS DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	84
5.2 MÉDIA ANUAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.....	87
5.3 RESULTADO DA AMÔNIA.....	93
5.4 MÉDIA ANUAL DE AMÔNIA.....	96
5.5 MÉDIA SAZONAL DE AMÔNIA.....	100
6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
REFERÊNCIAS.....	105
APÊNDICE 1 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS DE NO <sub>2</sub> E NH <sub>3</sub> .....	116
APÊNDICE 2 – CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS E CONCENTRAÇÃO DE NH <sub>3</sub> E NO <sub>2</sub> .....	128
APÊNDICE 3 – TABELA DE CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO E AMÔNIA COM VARIÁVEIS.....	138

## 1 INTRODUÇÃO

Presume-se que o ser humano pode viver um período de quarenta dias sem comer, e até mesmo 3 dias sem beber, no entanto, apenas alguns minutos sem respiração levariam o mesmo ao óbito (BINNS, 2012). Porém mesmo que uma pessoa se alimente, sua saúde dependerá de uma alimentação adequada, assim também não percebemos que o ato de respirar, que é essencial a manutenção da vida, pode estar causando o inverso, o encurtamento da mesma. Existem várias formas de caracterizar um poluente, a sustentabilidade ambiental, por exemplo, determina o termo poluente, como uma substância química em que vai além da capacidade da terra, água ou ar de absorver e processá-lo (HABES et al, 2013); no entanto nossa capacidade de discernimento nos possibilita a distinguir se uma alimentação é saudável ou prejudicial, ou se determinada bebida é benéfica ou maléfica ao organismo. Porém, qual será o procedimento para a verificação da qualidade do ar quando a poluição não é perceptível aos nossos sentidos? Geralmente é possível a verificação quando a mesma, depois de inalada por um período de tempo, geram problemas respiratórios como consequência de um ambiente em que há emissão de poluentes (LIANG; WEI; KUO, 2009). No entanto, por mais que uma determinada população apresente problemas respiratórios, é arriscado afirmar que é exclusivamente devido a poluição atmosférica, muitas variáveis podem estar relacionadas aquelas, tais como falta de ventilação em ambientes fechados, é necessário um monitoramento da qualidade do ar para a verificação de potenciais poluentes que possam estar associados aos problemas respiratórios da região.

Existem evidências que sugerem uma causa entre poluentes do ar expostos e resultados negativos na saúde como: acidente vascular cerebral, doença do coração, doenças respiratórias crônicas e agudas (SEINFELD e PANDIS, 2006). Foi estimado por alguns pesquisadores, que a poluição do ar é responsável por 1,4% de morte prematura e 0,5% da perda de anos de vida por incapacidade (EZZATI et al., 2002). Outro estudo sugere que aproximadamente 3000-4000 pessoas morrem prematuramente devido a poluição atmosférica a cada ano na Dinamarca

(CHATZIDIAKOU; MUMOVIC; SUMMERFIELD, 2015). Pesquisadores europeus igualmente estimaram, que a poluição do ar causa aproximadamente 1,3 milhão de mortes a cada ano ao redor do mundo e aproximadamente 310.000 mortes prematuras na Europa (DEPARTMENT FOR BUSINESS, 2012)

podemos classificar as fontes de poluição como móveis e fixas (HASSAN; EL-ABSSAWY; KHODER, 2013); as fontes móveis estão relacionadas a veículos utilizados para o transporte de mercadorias e pessoas. Entre eles: navios, rebocadores, caminhões, trens, etc; entre as fontes fixas são destacadas as Indústrias. Segundo Viana et al. (2014) se em uma determinada região o ambiente sofre pressão de algum fator antrópico, como por exemplo, um grande fluxo de caminhões pela redondeza, pode se supor que o material particulado em suspensão emitidos pelo escapamento dos mesmos, possivelmente esteja relacionado aos problemas decorrentes na saúde das pessoas. A preocupação com a saúde da população torna-se ainda mais relevante quando, próximo das fontes poluidoras estão localizados estabelecimentos em que existam pessoas mais vulneráveis como hospitais e escolas. O padrão nacional da qualidade do ar, que foi estabelecido no ano de 1990 (CONAMA resolução nº3, 28 de junho de 1990) limitou a emissão para vários poluentes: Material Particulado em Suspensão (MP), Material Particulado Inalável (PM<sub>10</sub>), Fumaça, Dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O<sub>3</sub>).

No entanto, devido à dificuldade de monitoramento no Brasil com relação a verificação da poluição do ar em ambientes escolares, foi realizada a avaliação da qualidade do ar em um Colégio Estadual, na cidade de Paranaguá, que teve o propósito de verificar a influência da poluição sobre crianças do ensino fundamental, a avaliação se iniciou no mês de junho do ano de 2015. Esta avaliação teve como objetivo a verificação da concentração de dois poluentes: Dióxido de nitrogênio e amônia. Foram feitas no mínimo sete amostragens por mês para cada poluente no período de um ano. Os resultados foram relacionados com diversas variáveis, entre elas: temperatura, pressão, precipitação, direção do vento, velocidade do vento, umidade relativa, caminhões e navios. O objetivo foi verificar a qualidade do ar no Colégio, e verificar se existem relação da poluição com as variáveis meteorológicas, tráfego de veículos pesados e navios.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTÂNCIA DOS PORTOS NA ECONOMIA BRASILEIRA

A globalização do mercado e a intensificação de transações internacionais nos últimos 30 anos tem aumentado dramaticamente o fluxo de bens, exigindo a expansão de instalações portuárias, desempenhando assim um papel fundamental na relação comercial, pois os portos fazem a ligação entre a terra e o mar, agindo como um portal de ligação, intensificando o comércio e melhorando a comunicação. Na Europa, por exemplo, o setor portuário tem grande importância no movimento de cargas, pois nos 27 principais portos marítimos europeus, entre os anos de 2002 até 2008, passou por eles cerca de 3,9 bilhões de toneladas de produtos importados e exportados. No Brasil, o setor portuário movimentou cerca de 904 milhões de toneladas no ano de 2012, aproximadamente 2 vezes mais em relação ao ano de 2002 (TABELA 1). (AQUAVIÁRIOS, 2012).

TABELA 1: EVOLUÇÃO HISTÓRICA – CARGAS MOVIMENTADAS PELO SETOR PORTUÁRIO BRASILEIRO EM TONELADAS (T)

<b>Período</b>	<b>Total em (T)</b>
2002	529.005.052
2003	570.790.055
2004	620.720.545
2005	649.418.781
2006	692.833.468
2007	754.716.655
2008	768.323.550
2009	732.931.141
2010	833.934.736
2011	885.560.211
2012	903.765.474

FONTE: (AQUAVIÁRIOS, 2012).

A nação brasileira tem uma linha de costa de uns 8500 Km; seu sistema portuário está passando por uma rápida expansão e modernização em resposta ao crescimento do comércio global. Com respeito ao tipo de carga que são transportados em portos espalhados pela nação, eles são divididos em graneis sólidos, graneis líquidos e carga geral (solta e containerizada). No país os principais produtos granel sólido nos portos brasileiros são: minério de ferro, soja, farelo de

soja, bauxite, milho, fertilizantes, açúcar, carvão e trigo, enquanto os principais granéis líquidos tratados são combustíveis e óleos minerais; as cargas soltas principais são produtos de aço e de polpa de madeira, e os produtos containerizados são artigos de plástico, aves congeladas, produtos químicos orgânicos, açúcar, máquinas, aparelhos, produtos eletrônicos e café. Em Paranaguá os principais produtos são: soja, farelo de soja, milho, fertilizantes, açúcar e trigo (APPA, 2012).

## 2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADO PELO PORTO

As comunidades costeiras são afetadas pela poluição portuária, por isso portos marítimos podem cada vez mais causar preocupação tanto ambiental quanto na saúde das pessoas (WORLD BANK GROUP, 2017). Segundo Puig et al, (2015) na Europa as prioridades em relação aos impactos ambientais mudaram ao longo do tempo, por exemplo, no ano de 1996 não havia nenhuma preocupação com a emissão de poluentes na atmosfera nos portos europeus, no entanto no ano de 2013 a poluição do ar passou a ser a preocupação mais relevantes pelas organizações portuárias (TABELA 2).

TABELA 2: AS 10 PRINCIPAIS PRIORIDADES AMBIENTAIS NO SETOR PORTUÁRIO EUROPEU AO LONGO DO TEMPO.

Nº	1996	2004	2009	2013
1º	Desenvolvimento portuário (em água)	Lixo	Barulho	Qualidade do ar
2º	Qualidade da água	Dragagem: operações	Qualidade do ar	Lixo
3º	Eliminação de dragagem	Eliminação de dragagem	Lixo	Consumo de energia
4º	Dragagem: operações	Poeira	Dragagem: operações	Barulho
5º	Poeira	Barulho	Dragagem: eliminação	Resíduos de navios
6º	Desenvolvimento portuário (em terra)	Qualidade do ar	Relacionamento com a comunidade local	Relacionamento com comunidade local
7º	Terra contaminada	Carga perigosa	Consumo de energia	Dragagem: operações
8º	Perda de habitat	Abastecimento	Poeira	Poeira
9º	Volume de tráfego	Desenvolvimento	Desenvolvimento	Desenvolvimento

		portuário (em terra)	portuário (em água)	portuário
10º	Efluente industrial	Descarga do navio (porão)	Desenvolvimento portuário (em terra)	Qualidade da água

FONTE: ESPO (2013b)

A emissão de poluentes atmosféricos nos portos não se restringe ao total advindos dos navios, segundo (BAILEY; SOLOMON, 2004) as zonas portuárias atraem o tráfico de vários meios de locomoção movidos por combustão, como por exemplo, caminhões e locomotivas, e inevitavelmente, se constituem em fontes concentradas da emissão de poluentes.

## 2.3 PADRÕES DE EMISSÃO

O objetivo do estabelecimento de padrões de emissão atmosférica, é criar base para uma política de prevenção da degradação da qualidade do ar. Deve ser aplicado a áreas de preservação (por exemplo: Parques Nacionais, Áreas de Proteção Ambiental, estâncias turísticas etc.). Não se aplicam, pelo menos a curto prazo, as áreas de desenvolvimento, onde devem ser aplicados os padrões primários. Como prevê a própria Resolução CONAMA nº 03/90, a aplicação diferenciada de padrões primários e secundários requer que o território nacional seja dividido nas classes, I, II e III, conforme o uso pretendido. Para a implementação de uma política de não deterioração significativa da qualidade do ar em todo o território nacional, suas áreas serão enquadradas de acordo com a seguinte classificação de usos pretendidos: Classe I: Áreas de preservação, lazer e turismo, tais como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais. Nestas áreas deverá ser mantida a qualidade do ar em nível o mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica. Classe II: Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão secundário de qualidade. Classe III: Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo padrão primário de qualidade. A mesma Resolução prevê ainda que, enquanto não for estabelecida a classificação das áreas, os padrões aplicáveis serão os primários. Os parâmetros regulamentados são os seguintes: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. Os padrões nacionais de qualidade do ar fixados na Resolução CONAMA n.º03 de 28/06/90 (FIGURA 1).



FIGURA 1: PADRÕES DE QUALIDADE NO AR EM VIGOR NO BRASIL.

POLUENTE	TEMPO MÉDIO DE AMOSTRAGEM	CONCENTRAÇÃO (VIOLAÇÕES ACEITAS POR ANO)	
		PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO
PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24h	240 (1)	150 (1)
	Anual (média geométrica)	80	60
FUMAÇA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24h	150 (1)	100 (1)
	Anual	60	40
PARTÍCULAS INALÁVEIS - MP <sub>10</sub> - ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24h	150 (1)	Igual ao padrão primário
	Anual	50	
SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24h	365 (1)	100 (1)
	Anual	80	40
CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ppm)	1h	40.000 - 35 (1)	Igual ao padrão primário
	8h	10.000 - 9 (1)	
O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1h	160 (1)	Igual ao padrão primário
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1h	320	190
	Anual	100	Igual ao padrão primário

FONTE: Elaboração a partir da resolução CONAMA 003/1990 (MMA, 2012B)<sup>1</sup>

### 2.3.1 Padrões de Emissão para Dióxido de Nitrogênio

Para a emissão de dióxido de nitrogênio, o padrão utilizado pelo CONAMA estabelece uma concentração de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para a média anual, tanto no padrão primário quanto ao padrão secundário (FIGURA 1).

Outros países delimitam um padrão de emissão menor para este poluente em relação ao estipulado no Brasil, por exemplo, a China mesmo passando por um processo de desenvolvimento, tem um padrão de emissão no entorno de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Países desenvolvidos como a Suíça estabelece um padrão mais rígido para o poluente NO<sub>2</sub>, já a Organização Mundial da Saúde (OMS), estabelece um padrão de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no qual não deve ser ultrapassado (TABELA 3).

<sup>1</sup> Para PTS, fumaça, partículas inaláveis e SO<sub>2</sub>, os padrões primários e secundários relativos as medias de 24 horas podem ser ultrapassados apenas uma vez ao ano. Os padrões primários e secundários do CO de 8 horas e de 1 hora e do ozônio também não podem ser ultrapassados mais de uma vez ao ano. Não há permissão de ultrapassagem para o NO<sub>2</sub>.

PTS: Partícula Total em Suspensão

MP<sub>10</sub>: Material Particulado de até dez micrômetros de diâmetro

TABELA 3: PADRÕES ANUAIS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO AO REDOR DO MUNDO

País	Padrão $\mu\text{g}/\text{m}^3$
EUA	100
Canadá	100
Chile	100
Peru	100
Brasil	100
China	80
Austrália	60
Coréia do Sul	56,5
OMS	40
Suíça	30
Índia	30

FONTE: (MMA, 2012B)

### 2.3.2 Padrões de Emissão para Amônia

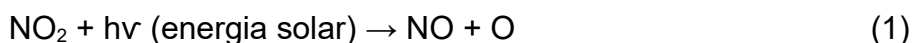
Como não existe no Brasil legislação de controle do poluente atmosférico amônia, como também não existe para outros poluentes como  $\text{PM}_{2,5}$  e *black carbon*, não é possível estabelecer um limite de emissão para o  $\text{NH}_3$ , porém, é possível comparar os resultados com legislação internacional, como o caso da Espanha, onde foi definido que o nível crítico de  $\text{NH}_3$  em ecossistemas é de  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (RECHE et al, 2012). Estudos recentes relataram efeitos importantes sobre a vegetação, quando os níveis são acima  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CAPE et al., 2009).

## 2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DO $\text{NO}_2$

Segundo Schirmer e Lisboa (2009) a atmosfera é constituída por várias espécies gasosas, porém o percentual de gás na atmosfera se concentra quase em sua totalidade em moléculas de nitrogênio gasoso ( $\text{N}_2$ ) e de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) em quantidades de 78,08% e 20,95% respectivamente. No entanto, a proporção de massa ao longo da atmosfera não está equilibrada de forma homogênea, pois estimativas sugerem que 99% da massa atmosférica está delimitada nos primeiros 30 km a partir da superfície terrestre (MANAHAN, 1984 citado por MOZETO 2001), a troposfera, a camada aonde reside a vida, tem como característica a queda na temperatura na medida em que se distancia da terra (MOZETO, 2001). Nesta

camada, várias espécies químicas estão presentes naturalmente no ar, entre elas estão os óxidos inorgânicos (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), oxidantes (O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, OH<sup>-</sup>, O<sub>2</sub>H, NO<sub>3</sub>), e materiais particulados (sólidos e líquidos) que funcionam como meio para a reação entre espécies químicas, (SCHIRMER; LISBOA, 2009). Os poluentes podem ser caracterizados como primários e secundários; Poluentes primários são os contaminantes diretamente emitidos pelas fontes para o ambiente, como no caso dos gases dos automóveis; os poluentes secundários são derivados dos poluentes primários, sua transformação acontece por processos químicos na atmosfera (CHATZIDIAKOU; MUMOVIC; SUMMERFIELD, 2015).

Dentre os vários poluentes, os gases NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio) e NO (monóxido de nitrogênio) também são relevantes nas reações químicas no meio atmosférico, sendo designados como NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio). O dióxido de nitrogênio é caracterizado como um gás marrom avermelhado quando está acima dos 21,15 °C, e torna-se marrom quando está abaixo dos 21,15 °C e sem coloração quando atinge 11,8 °C. (ACGIH, 2014). Outra característica relevante deste poluente é o seu tempo de residência, que segundo alguns pesquisadores, não ultrapassa um dia de permanência na atmosfera (RAIVONEN et al., 2009), pois durante as horas do dia, o NO<sub>2</sub> é convertido para NO como um resultado de fotólise conforme a reação (1) (ver abaixo), que leva a regeneração do O<sub>3</sub>, e durante a noite, o NO é convertido para NO<sub>2</sub> via reação com O<sub>3</sub> conforme a reação (2) (HAN et al., 2011). Sua origem dá-se da seguinte forma:



## 2.5 FONTES DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

### 2.5.1 Fontes Antropogênicas de Dióxido de Nitrogênio

Segundo Schirmer e Lisboa (2009) os óxidos de nitrogênio são emitidos para a atmosfera por meio natural (processos biológicos) e antropogênicos; estudos prévios demonstraram que a emissão de NO<sub>x</sub> de fontes antropogênicas tem excedido ao de fontes naturais, e são praticamente provenientes da queima de combustíveis fósseis de fontes fixas e móveis (GODISH, 2004 citado por HASSAN;

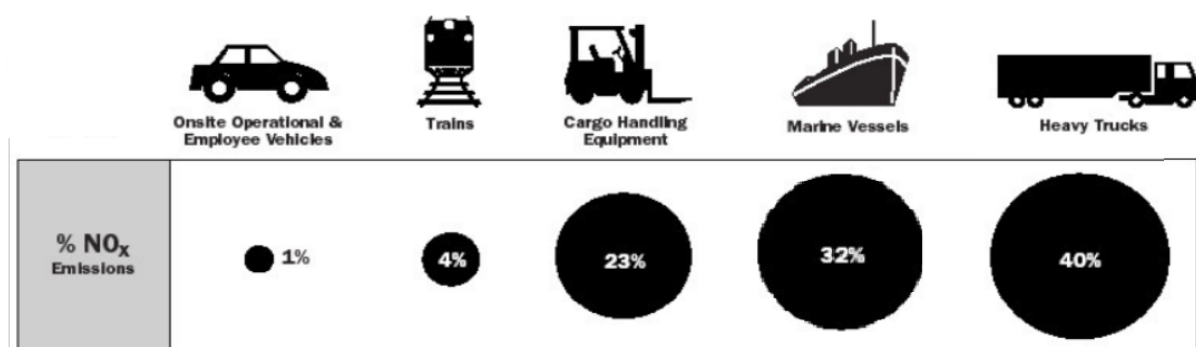
EL; KHODER, 2013); enquanto o óxido de nitrogênio é principalmente formado durante a combustão, outros óxidos tais como dióxido de nitrogênio também estão presentes na emissão por combustão (MOODLEY; SINGH; GOVENDER, 2011).

Segundo Moodley, Singh e Govender, (2011) a emissão de poluentes atmosféricos proveniente de veículos a exaustão contribui significativamente para o aumento da poluição no ambiente e existe larga evidência de que os óxidos de nitrogênios são provenientes destas. Um estudo realizado em Esteio e Canoas, no Brasil, houve uma positiva correlação ( $p > 0,5$ ) entre óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) e  $\text{CO}$ , indicando que estes poluentes são provenientes de uma mesma fonte, o que evidencia a influência de fontes móveis (AGUDELO–CASTANEDA; CALESSO TEIXEIRA; NORTE PEREIRA, 2014). Segundo Zbieranowski e Aherne (2012), pesquisas indicaram que grande parte do  $\text{NO}_2$  existente na atmosfera é produzido pela oxidação do  $\text{NO}$  emitido de fontes primárias, por isso o dióxido de nitrogênio é caracterizando como um poluente secundário; alguns estudos até mesmo estimam que cerca de 90% dos óxidos de nitrogênio é emitido como  $\text{NO}$ , e apenas 10% é emitido como  $\text{NO}_2$  (FINLAYSON-PITTS e PITTS, 1999 citado por STOCKWELL et al., 2000); no entanto o processo de oxidação é relativamente rápido, pois grande quantidade de  $\text{NO}_2$  é oxidado antes de sair dos escapamentos (SHORT; FREY; BENTER, 2006).

Estimativas foram feitas em Los Angeles (FIGURA 2), com o objetivo de dimensionar a emissão de poluentes por parte dos veículos movidos a exaustão, principalmente dos óxidos de nitrogênio. Por exemplo, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) o transporte é responsável por cerca de 50% da emissão de óxidos de nitrogênio ao redor do mundo (ILYAS, 2007). Nie et al. (2013) relata que a concentração de  $\text{NO}_x$  em Pequim tem aumentado devido ao rápido crescimento na quantidade de veículos em circulação nesta cidade; outras pesquisas também relataram que o transporte exerce grande influência na emissão de poluentes: no Paquistão, estimativas dizem que mais de 70% da emissão de  $\text{NO}_2$  é proveniente do transporte, aliadas as usinas e indústrias (KHWAJA e KHAN, 2005); este fato é devido ao aumento na demanda de energia nas duas décadas passadas neste país, por isso a emissão de  $\text{NO}_2$  do setor de energia do Paquistão tem crescido 25 vezes, consequentemente frequentes

episódios de smog fotoquímico são presenciados (YASMEEN; RASUL; ZAHID, 2012).

FIGURA 2: COMPARAÇÃO DE FONTES MOVEIS DE POLUIÇÃO NO PORTO DE LOS ANGELES



FONTE: adaptado de BAILAY E SOLOMOM, (2004)

No Reino Unido, foi constatado que o setor de transporte é a maior fonte de poluição urbana naquele País, atingindo entorno de 90% das emissões totais (CHATTERTON, 2011 citado por BELL et al, 2013). Outros estudos estimaram, que o tráfego emite 70% de NO<sub>x</sub> em Londres, sendo que a maior porcentagem é proveniente de ônibus (28%) seguido pelos táxis (21%) (ZBIERANOWSKI; AHERNE, 2012); no entanto, a poluição proveniente dos meios de transporte podem aumentar em cidades com atrativos turísticos, pois um outro fator que poderia estar relacionado a elevada quantidade de dióxido de nitrogênio é o alto tráfego devido a temporada de visitas nestas cidades (MOODLEY; SINGH; GOVENDER, 2011). Uma pesquisa realizada no Estado Unidos durante o ano de 2007, afirmou que poluentes provenientes de veículos em estradas, representaram cerca de 33% da emissão do óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) naquele País (HEI, 2010 citado por (SMITH et al., 2015).

Pesquisadores sugeriram que a poluição atmosférica é maior nas vias de tráfego, e que a concentração dos poluentes tendem a ser menor com o aumento da distância destes locais. Em uma pesquisa realizada na cidade de Canoas, por exemplo, a média anual de NO<sub>2</sub> ficou no entorno de 40µg/m<sup>3</sup>, que foi quase exclusivamente detectada ao longo do tráfego arterial (MOODLEY; SINGH; GOVENDER, 2011). Em outro estudo, desta vez feito na cidade de Ontário no Canadá, foi constatado que houve uma forte relação linear ( $R^2 = 0,85$ ), entre o tráfego e a emissão de dióxido de nitrogênio, o resultado sugeriu que a emissão do

tráfego local influenciou na distribuição espacial da concentração de  $\text{NO}_2$  (ZBIERANOWSKI; AHERNE, 2012).

### 2.5.2 Tráfego Marítimo

Dentre os veículos movidos por combustão, as emissões no setor do transporte marítimo contribuem significativamente para a poluição global do ar, pois o navio é um dos meios de locomoção que também emite óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) em larga escala na atmosfera (TZANNATOS, 2010). No entanto, a poluição atmosférica tende a se ampliar, quando dimensionamos o impacto que todos os portos ao redor do mundo geram. Isto se confirma através de uma estimativa, que relata que cerca de 15% da emissão antropogênica de  $\text{NO}_x$  e 5% a 8% da emissão global de  $\text{SO}_x$  são provenientes de navios oceânicos (WANG; CORBETT; FIRESTONE, 2008); um outro estudo também afirma que ao redor do mundo, os navios marítimos emitem cerca de 14% do Óxidos de nitrogênio em relação ao total das fontes móveis de combustíveis fósseis (CORBETT et al, 2001 citado por BAILEY e SOLOMON, 2004).

Escalas menores também podem ser dimensionadas, como é o exemplo de um estudo que estimou a média de pessoas atingidas por emissões provenientes dos transportes marítimos no continente europeu, onde se constatou que 8% da população é exposta ao  $\text{PM}_{2.5}$ , 16,5% aos óxidos de nitrogênio e 11% aos óxidos de enxofre (VIANA et al., 2014); neste continente foi estimado que as contribuições do transporte nas regiões portuárias para emissão de  $\text{NO}_2$  no ambiente, em relação a outras fontes, varia entre 7% a 24%, sendo que os maiores valores foram registrados para a Holanda e Dinamarca. (VIANA et al, 2014). Nos Estados Unidos, foi estimado que as manobras feitas pelos navios nos portos contribuem cerca de 6% de  $\text{NO}_x$  e 10% de  $\text{SO}_2$  do total das emissões provenientes de transportes (CORBETT; FISCHBECK, 1997). Em um estudo, por exemplo, foi relatado que no ano 2000, navios comerciais foram responsáveis pela emissão de aproximadamente 7% de  $\text{NO}_x$  e 6% de MP em relação a todas as fontes móveis estadunidense (US EPA, 2002). Por conseguinte, a Agência de Proteção Ambiental Americano (USEPA), afirmou que a emissão de  $\text{NO}_x$  proveniente de navios marítimos tendem a dobrar até 2020 (US EPA, 2003), pois de acordo com o serviço de alfândega dos Estados

Unidos, o volume de carga de importados movimentados através dos portos norte-americanos, é esperado triplicar até o ano de 2020 (AAPA, 2003a, b citado por BAILAY e SOLOMON, 2004). Projeções também indicaram que sem maior ação de regulamentação, o contínuo crescimento na emissão de  $\text{SO}_x$  e  $\text{NO}_x$  do setor marítimo, vão superar todas as fontes terrestres nos Estados Unidos em 2020 (BALLINI; BOZZO, 2015). De acordo com um inventário anual realizado na Grécia, o transporte marítimo emite cerca 30,2 e 24,6 milhares de toneladas de  $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_2$  respectivamente. (IAPH, 2007 citado por (MARAGKOGIANNI; PAPAEFTHIMIOU, 2015)).

Pesquisas também foram realizadas para verificar os impactos causados pelo intenso tráfego em áreas portuárias. Os resultados preliminares mostraram que existe um considerável impacto locais relacionadas as emissões de transportes na qualidade do ar nas proximidades dos principais portos, de poluentes como:  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , PM e VOC (BAILEY; SOLOMON, 2004). Em uma pesquisa realizada com o objetivo de verificar os impactos ambientais, foi aplicada uma análise no sentido de estimar as emissões no porto de passageiros de Piraeus, que está situada na Grécia, durante 12 meses entre os anos de 2008 a 2009, a conclusão foi que a atividade portuária de navios cruzeiros e costeiros produziram 2610 Ton dos principais poluentes de exaustão ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  e  $\text{PM}_{2.5}$ ). Outra pesquisa constatou que em Los Angeles os navios oceânicos, rebocadores e barcos comerciais emitem duas vezes mais poluição, do que todas as usinas de energia combinadas (ALMANAC EMISSION PROJECTION DATA, 2001).

## 2.6 RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E $\text{NO}_2$

O monitoramento da concentração de dióxido de nitrogênio na atmosfera, é uma preocupação que vem tomando proporção em vários países, principalmente naqueles que são desenvolvidos, por isso o monitoramento é feito levando em conta as variáveis que possivelmente estejam relacionadas com a emissão de poluentes; por exemplo, segundo Hassan, El-abssawy e Khoder (2013) a concentração dos poluentes na atmosfera estão relacionadas com as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e radiação solar). Isto pode ser visto em resultados de pesquisas ao redor do mundo: Malik e Tauler (2015)



relataram que em uma pesquisa realizada em Barcelona, foi observado um padrão similar no turno da manhã e tarde de emissão do dióxido de nitrogênio, no entanto, durante a noite até a manhã do outro dia, maiores concentrações de NO<sub>2</sub> foram vistas, significando que baixa temperatura pode contribuir para maior formação deste poluente; em outra pesquisa, desta vez realizada em Seul na Coreia do sul, Phan et al (2013) também afirma que foi confirmado que o NO<sub>2</sub> teve maior concentração no período da noite; o mesmo foi registrado na Grécia. Segundo Varotsos et al (2013) constatou-se que os maiores picos ocorrem durante 7 h e 9 h e 21 h e 23 h, período em que a temperatura e incidência solar são menores; esta relação entre poluentes e variáveis meteorológicas, também foi registrada em uma pesquisa na Cidade de Canoas e Esteio, no Brasil, entre os anos de 2006 a 2009, em que óxidos de nitrogênio (principalmente NO<sub>2</sub>) exibiram uma negativa correlação ( $p < 0,5$ ) com a temperatura (AGUDELO–CASTANEDA; CALESSO TEIXEIRA; NORTE PEREIRA, 2014).

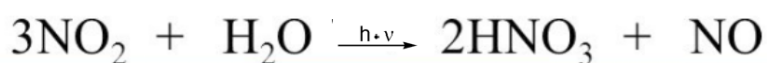
Outras variáveis meteorológicas também foram relacionadas com a emissão de dióxido de nitrogênio, em pesquisas realizadas ao redor do mundo, por exemplo: segundo Bell et al. (2013) em uma amostragem em que os níveis de poluição estiveram acima dos 40 µg/m<sup>3</sup> no Reino Unido, pode-se constatar que estes altos níveis de emissão estiveram associados com baixa velocidade do vento e inversão térmica, pois o tempo calmo favorece a acumulação de poluentes, e o vento forte dilui a concentração dos mesmos. Moodley, Singh e Govender (2011) afirmam que essa alta concentração se intensifica quando há pico no tráfego; outra variável de extrema importância na compreensão da dinâmica de poluentes atmosféricos é a chuva: foi constatado em uma pesquisa feita na África do sul, que a maior concentração do dióxido de nitrogênio obtido coincidiu com períodos de amostragens em que foi registrado baixa precipitação volumétrica, pois a chuva tem o papel de arrastar os poluentes para a deposição úmida (MOODLEY; SINGH; GOVENDER, 2011).

## 2.7 SAZONALIDADE E NO<sub>2</sub>

A concentração do NO<sub>2</sub> varia também em relação as estações do ano, isto foi constatado por várias pesquisas ao redor do mundo: por exemplo, em uma pesquisa

realizada no Cairo, Egito, Hassan, El-abssawy e Khoder (2013) relaram que no período de 2009 a 2010, foi encontrada uma concentração de dióxido de nitrogênio maior no inverno em relação ao verão; o mesmo padrão foi encontrado no inverno de 2001 em Durban, África do sul, em que altas concentrações de dióxido de nitrogênio foram registradas no período do fim de maio e no fim de julho. (MOODLEY; SINGH; GOVENDER, 2011). Zbieranowski e Aherne (2012) também encontraram um resultado semelhante no Canadá, entre o período de 2010 a 2011, em que a concentração média na primavera foi maior que no verão, onde o nível médio ficou no entorno de  $6,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $5,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. No entanto, é possível que a sazonalidade esteja relacionada com outras variáveis no aumento da emissão de dióxido de nitrogênio, por exemplo, Zbieranowski e Aherne (2012) relataram, que em uma pesquisa realizada em Ontaro, no Canadá, o aumento da concentração deste poluente observada durante o outono, pode estar associada com o aumento de emissões de geradores residenciais. Neste mesmo estudo foi constatado também que a maior concentração de  $\text{NO}_2$  é geralmente observada no outono e no inverno pela reduzida atividade fotoquímica, devido a menor exposição da luz ao longo do dia, diminuindo a conversão de  $\text{NO}_2$  para  $\text{HNO}_3$  (FIGURA 3).

FIGURA 3: REAÇÃO PARA FORMAÇÃO DE ÁCIDO NÍTRICO



FONTE: Elaboração a partir do sistema de ensino CNEC (2017)

Similar variação temporal da concentração ambiente de  $\text{NO}_2$  ocorreu no Reino Unido, pois o nível de dióxido de nitrogênio foi maior entre setembro e fevereiro (outono-inverno), (ATKINS; LEE, 1995). (ATKINS; LEE, 1995). O padrão também se repete no hemisfério Sul. Na cidade de Canoas e Esteio, no Brasil, entre 2006 a 2009, o componente sazonal mostrou concentrações de  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_x$  acima da média durante o inverno (AGUDELO-CASTANEDA; CALESSO TEIXEIRA; NORTE PEREIRA, 2014)

Como foi visto, existe maior concentração de dióxido de nitrogênio nas estações frias em relação as estações quentes, segundo Castaneda et al (2014) isso acontece principalmente porque durante a estação fria, os poluentes emitidos de várias fontes antropogênicas e naturais ficam presos na camada atmosférica devido a frequente inversão da temperatura. Enquanto nos meses de Verão, esta mistura de ar poluído se dilui na camada troposférica gerando intensa reação fotoquímica devido a alta radiação solar.

## 2.8 IMPACTOS DO NO<sub>2</sub> AO MEIO AMBIENTE

O dióxido de nitrogênio, em altas concentrações, torna-se prejudicial para o meio ambiente, e vários pesquisadores constaram o efeito negativo deste poluente, por exemplo, alguns estudos relataram que o aumento global na emissão de nitrogênio reativo em forma seca, quando depositado no solo, pode levar a efeitos negativos nos ecossistemas em curto prazo. Outros estudiosos afirmam que, os efeitos podem se estender a contaminação de corpos de água à degenerações estéticas de monumentos em comunidades locais e públicos (BAILEY E SOLOMON, 2004; MOODLEY; SINGH; GOVENDER, 2011); isto acontece frequentemente, pois uma das características do dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), é ser ativa fotoquimicamente em uma atmosfera poluída, sendo um dos precursores do “smog”<sup>2</sup> fotoquímico, (SCHIRMER e LISBOA, 2009; VIANA et al, 2014; ALEXIS et al, 2004), este processo possibilita o aparecimento da névoa marrom, que inibe a visibilidade em certas áreas (MOODLEY; SINGH; GOVENDER, 2011) como também a formação de chuva ácida, efeito estufa e aquecimento global (SEINFELD e PANDIS, 2006 citado por SHABBIR et al, 2015).

## 2.9 IMPACTOS DO NO<sub>2</sub> A SAÚDE HUMANA

As emissões dos óxidos de nitrogênio também são de extrema relevância pelo fato de trazer grandes impactos na saúde humana, isto acontece pelo fato do dióxido de nitrogênio ser facilmente absorvido através do sistema respiratório. No entanto, os impactos na saúde variam, dependendo de alguns fatores, Luttrell

---

<sup>2</sup> “Smog” é um termo utilizado para a concentração de ozônio na troposfera em consequência da reação de poluentes emitidos pelo homem, esta palavra é a junção dos termos “Smoke” (Fumaça) mais “fog” (neblina), (SCHIRMER e LISBOA, 2008).

(2014), por exemplo, afirma que a concentração do composto transportado pelo ar, a taxa respiratória do indivíduo exposto e o tempo de exposição determinarão a quantidade de poluente tóxico que atinge os pulmões para absorção no corpo; a estes fatores a inalação deste poluente pode levar a problemas respiratórios, um estudo afirmou que a exposição de  $\text{NO}_2$  pode intensificar resfriado e falta de ar. No entanto, a bibliografia vai relatar problemas ainda mais graves e, Liang, Wei e Kuo, (2009) afirmaram que estudos epidemiológicos recentes, realizados ao redor do mundo, têm fornecido dados sobre a associação entre a exposição de poluentes atmosféricos e aumento na mortalidade cardiopulmonar, admissão hospitalar de doenças respiratórias e cardiovascular, acidente vascular encefálico causado pela emissão de  $\text{NO}_2$ , e infarto no miocárdio; a exemplo disso Godoi et al., (2009) relatou que altos níveis de poluição podem ser responsáveis por efeitos agudos de disfunção pulmonar, como também, numerosos estudos têm relatado que os óxidos de nitrogênio podem causar efeitos tóxicos em vias aéreas, levando a inflamação e reações asmáticas(GODOI et al., 2009).

Os problemas causados pela poluição podem tomar proporções desastrosas, e conseqüentemente atingir de forma irreversível populações que residem próximas as fontes, segundo Kraft et al. (2005) um aumento na emissão de  $\text{NO}_2$  de até  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no ambiente urbano, foi responsável por 1,6% na admissão hospitalar para doenças respiratórias em Londres. Este mesmo pesquisador relatou em uma pesquisa realizada na Alemanha, no ano de 2005, que foram feitas estimativas que relacionavam o aumento na emissão de  $\text{NO}_2$  e doenças respiratórias, concluiu-se que para um aumento na média anual de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , haveria um total de 18.300 episódios de bronquite em pessoas jovens; neste estudo, pesquisadores também calcularam que um aumento médio anual de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$ , levaria a um acréscimo no número de consultas emergenciais para asmáticos de 4,5% no verão e 5,5% no inverno; o aumento na emissão de poluentes podem chegar ao ponto de serem fatais ao ser humano, estudos europeus mostraram que o número de mortes poderá aumentar de 2,0% até 7,6% se a emissão de  $\text{NO}_2$  aumentar em até  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no ambiente urbano (SUNYER et al, 1996; ROSSI et al, 1999 Apud KRAFT et al, 2005). Essa estimativa certamente leva em conta o crescimento desenfreado do consumo de combustíveis fósseis nas grandes cidades europeias.

## 2.10 PESSOAS MAIS SUSCEPTÍVEIS AOS EFEITOS DOS NO<sub>x</sub> (GRUPO DE RISCO)

Em linguagem médica, um grupo de risco corresponde a uma população sujeita a determinados fatores ou com determinadas características, que a tornam mais propensa a ter ou adquirir determinada doença (MAURO, 2007). Existem pessoas que são mais susceptíveis aos efeitos adversos causados pelos óxidos de nitrogênio, entre elas estão as crianças. Segundo Bailey e Solomon (2004) e Guerriero et al. (2016) elas são mais vulneráveis aos efeitos negativos da poluição do ar, pois os seus pulmões inalam mais ar em relação a massa corporal adulta; por exemplo, um estudo estimou que crianças que passam até 30% de seu tempo dentro de sala de aula, respiram grandes quantidades de ar em relação a sua massa corporal, pois seus tecidos e órgãos estão em crescimento ativo. Godoi et al. (2009) afirmaram que em crianças de dois anos, as consequências da inalação de NO<sub>2</sub> são: bronquite crônica, enfisema e asma. De acordo com o relatado dado pela Iniciativa Global para asma, ela tem afetado cerca de 300 milhões de pessoas ao redor do mundo, sendo responsável por cerca de uma em cada 250 mortes durante o ano de 2004 (MASOLI et al., 2004). Segundo Raysoni et al (2013), estimativas sugerem que elas dispensam várias horas por dia na, dos quais uma significativa quantidade de tempo é gasta nas salas de aula, e mesmo poluentes gasosos tais como NO<sub>2</sub> e VOCs (compostos orgânicos voláteis) podem se infiltrar em ambientes fechados facilmente.

Os problemas respiratórios se tornam ainda maiores, quando intenso tráfego é localizado nas proximidades de locais fechados como escolas e hospitais, pois nestes ambientes há uma concentração maior de pessoas. O mais interessante é que dados internacionais recentes, indicaram que o aumento de asma e alergias em crianças é mais frequente em países desenvolvidos. Godoi et al (2009) relataram que estudos desenvolvidos por algumas agências ambientais tais como Health Canadá e US Enviromental proteccion Agency, indicaram que os níveis de poluentes internos podem ser maiores do que níveis externos, por isso a poluição nestes ambientes tem uma preocupação significativa. Um estudo realizado em uma escola na cidade de Curitiba, Brasil, de novembro a dezembro de 2005, verificou que a concentração interna variou entre 9,5 µg/m<sup>3</sup> e 23µg/m<sup>3</sup> (GODOI et al, 2009).

Pesquisadores mostraram que a exposição de NO<sub>2</sub> na escola está associado com alta prevalência de asma infantil; outra pesquisa também constatou que entre todos os poluentes investigados, somente a exposição externa de NO<sub>2</sub>, e consequentemente a exposição interna, foi significativa na prevalência de asma em ambientes escola. Alguns pesquisadores até mesmo afirmaram que crianças que tem asma, quando exposta a ambientes com altos níveis de dióxido de nitrogênio, tendem a aumentar a crise de tosse e sofrem com a diminuição da função pulmonar (CHAUHAN et al., 2003); estes cientistas, também afirmaram que crianças que moram próximas as rotas de caminhões e ônibus, tem a função pulmonar diminuída em comparação com crianças que moram próximas as estradas com grande tráfego de automóveis (BRUNEKREEF et al., 1997). Raysoni et al (2013) relatou que um em oito estudantes na Califórnia, frequentam escolas que registram mais de 25000 veículos trafegando por dia em estradas adjacentes.

Estimativas foram feitas para dimensionar os danos causados pela exposição de poluentes em ambientes interno, por exemplo, uma pesquisa realizada por Guerriero et al (2016) constatou que a prevalência de asma em crianças de escola primária no Reino Unido, ficou no entorno de 7,18%, que foi a maior entre os países europeus; este mesmo pesquisador estimou que a redução interna da exposição de NO<sub>2</sub> em escolas primárias de Londres poderiam resultar em uma redução de 82 casos de asma a cada ano; este mesmo pesquisador relatou que em um outro estudo em Londres, com a participação de 376 crianças, constatou-se que a prevalência de asma em escolas suburbanas foi de 1,54%, sete vezes menor do que em escolas urbanas, em que a porcentagem ficou entorno de 10,16%.

Outro fator que pode intensificar os problemas respiratórios em crianças é sua proximidade em relação as vias de intenso tráfego. Uma pesquisa com quase 40.000 crianças na Itália, que moram nas proximidades de vias rodoviárias em que existia um pesado tráfego de caminhões, estimou que elas foram 60% a 90% mais prováveis de ter chiado, bronquites e pneumonia. Outro estudo, desta vez realizado na Alemanha, com aproximadamente 4.000 estudantes adolescentes, constatou que aqueles que moravam em ruas com constante tráfego de caminhão, foram 71% mais prováveis em ter alergia. Em uma pesquisa realizada em comunidades não urbanas, foi constatado que crianças que vivem onde os níveis de dióxido de nitrogênio são

altos, próximas das principais rodovias ou portos, foram até oito vezes mais prováveis de serem diagnosticadas com asma.

Os problemas respiratórios em crianças se intensificam quando estabelecimentos escolares estão inserido nas proximidades das instalações portuárias (IAPH, 2007 citado por MARAGKOGIANNI e PAPAEFTHIMIOU, 2015); estimativas sugerem, por exemplo, que a emissão de Navios estão relacionadas ao aumento de hospitalizações por doenças cardiovasculares, sendo responsáveis por aproximadamente 60.000 mortes ao longo da Europa e Ásia. Existem evidências que associam a exposição do tráfego em relação ao desenvolvimento mental infantil

## 2.11 AMÔNIA ( $\text{NH}_3$ )

## 2.12 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA DA AMÔNIA

As espécies de natureza química básica, não são tão comuns na atmosfera em comparação aos ácidos. Na literatura é dada maior relevância aos ácidos atmosféricos devido aos seus efeitos deletérios, no entanto a amônia é a base de maior importância quando o assunto é sobre os impactos ambientais causados por químicos no ar, e existe uma vasta abordagem em trabalhos sobre suas propriedades degenerativa ao ambiente (BURDEN et al, 2002 citado por PHAN et al, 2012). Ela é caracterizada como um poluente primário, isto significa que é emitida na sua forma original  $\text{NH}_3$ , sem a influência de qualquer reação na atmosfera para ser gerada, e segundo (HASSAN; EL-ABSSAWY; KHODER, 2013) é também o principal agente neutralizante da atmosfera, mantendo o equilíbrio na reação ácido-base com espécies ácidas. O olfato é uma forma para detecção de altas concentrações deste poluente, pois seu odor é característico, podendo ser detectado a uma concentração de 1,5 ppm (NAGATA, 2003 Apud PHAN et al, 2012). Segundo Beckes et al. (2016) o padrão de análise geográfica, indica que a alta na concentração de  $\text{NH}_3$  aparece frequentemente próximos a fontes de emissão, e que devido ao baixo tempo de vida na atmosfera, este poluente não possui extensa dispersão pela atmosfera. Como é o caso de vários poluentes, a amônia pode ser emitida tanto por fontes antropogênicas quanto por fontes naturais (PHAN et al., 2013).



## 2.13 PRINCIPAIS FONTES DE EMISSÃO DE AMÔNIA

### 2.13.1 Tráfego

Para a emissão de amônia, as fontes de maior relevância são as indústrias e veículos tais como carros, caminhões, ônibus e motocicletas, pois estas também são responsáveis pelo crescimento do nível de amônia na atmosfera, principalmente no meio urbano (ZHOU et al, 2015). No Reino Unido, por exemplo, o setor de transporte contribui com 16% da emissão de amônia, sendo que grande parte é proveniente de carros pela catálise da gasolina (KEAN et al., 2009), isso se deve em grande parte devido a introdução de motores com conversores catalíticos de três vias, e como consequência os veículos têm sido responsáveis pelo aumento do nível de  $\text{NH}_3$  no meio urbano (LIN et al, 2006)

A fim de examinar a contribuição da atividade do tráfego para a concentração de amônia, alguns estudos comparam o padrão de distribuição com outros poluentes primários principalmente emitidos por veículos a exaustão, como, por exemplo, monóxido de carbono (CO) bem como outros gases ( $\text{SO}_2$ , NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  e  $\text{O}_3$ ) (PERRINO et al., 2002). Pesquisas constataram que a alta da amônia foi frequentemente observada com picos de  $\text{CO}_2$ , sendo este poluente um bom marcador da exaustão do tráfego. (LI et al, Apud PHAN et al., 2012). Em uma pesquisa, realizada em Gwangju na Coreia do Sul, percebeu-se que houve um aumento de  $\text{NH}_3$  ao redor das 9 h no dia 12 de março no ano de 2007, que foi consistente com o crescimento da concentração de  $\text{NO}_x$  e CO naquela hora, sugerindo que a amônia e amônio estão relacionados com fontes de combustão, tais como o tráfego. (SILVA; MEIRELLES; MORAES, 2013; KIM et al., 2012). Em outro estudo, realizado em Seul na Coreia do Sul, no ano de 2011, há a afirmação de uma boa relação entre  $\text{NH}_3$  e  $\text{NO}_2$  (MCCURDY et al., 1999). Pesquisadores comprovaram que a concentração de amônia varia entre  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  até  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no meio urbano Europeu, sendo que próximo ao tráfego esse valor varia entre  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  até  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (RECHE et al., 2012).

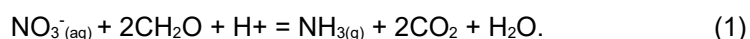
### 2.13.2 Indústrias de Fertilizantes

Nos finais de 1970, danos na floresta Atlântica na proximidade do complexo industrial de Cubatão, foram observados, bem como o deslizamento de terra em diferentes níveis na inclinação da Serra do Mar (ALONSO e GODINHO, 1992 citado por VAUTZ et al., 2003). Em uma pesquisa realizada na cidade de Cubatão, entre julho de 2009 a agosto de 2010, foi constatado que houve desflorestamento, na região da Serra do Mar, devido a emissão de fluoreto proveniente da produção de fertilizante (SILVA; MEIRELLES; MORAES, 2013). Os poluentes emitidos pelas indústrias de fertilizantes agem diretamente no organismo interno das plantas por meio da absorção através das folhas, ou indiretamente após a deposição dos mesmos no solo e absorvidos pelas raízes das plantas. (KLOCKOW et al., 1997 citado por VAUTZ et al., 2003). As maiores concentrações de compostos gasosos foram encontradas quase todos os dias em altas altitudes na inclinação da Serra do Mar devido a circulação atmosférica local. (VAUTZ et al., 2003). A forte influência da circulação da brisa entre a terra e o mar habilita o transporte de matéria particulada até mesmo no topo da serra do mar (cerca de 900 m) (VAUTZ et al., 2003).

A maior fonte de amônia na atmosfera são os fertilizantes, isso se deve através do processo que são coletados, estocados e espalhados, sendo que a maior parte é composta de estrume (KRUPA, 2003). Mozeto (2011) chegou a afirmar que, o uso do fertilizante na agricultura é responsável pela maior emissão antrópica deste gás na atmosfera devido a utilização de compostos com: ureia, bicarbonato de amônio, nitrato de amônio e sulfato de amônio. Uma pesquisa, por exemplo, constatou que 90% do total de amônia emitido na atmosfera é proveniente de fontes agrícolas (VAN AARDENNE et al., 2001), sendo que outro estudo revelou que 96% do total de amônia emitido na Europa é devido a gestão de resíduos orgânicos e fertilizantes de solos agrícolas, onde aquele é responsável por 53% e este por 43% (BACKES et al., 2016<sup>a</sup>). Os países da Europa com maiores emissões de amônia na atmosfera são: Dinamarca, Bélgica, Países Baixos e Irlanda do Norte (BACKES et al., 2016). A China tem a maior fonte de emissão de amônia no mundo e as dez cidades com maiores níveis de aerossol (nitrato de amônio e cloreto de amônio) advindo da emissão de amônia entre 2013 a 2014 neste país, são rodeadas por áreas com agricultura intensiva (MEPC, 2016 Apud WU et al., 2016). Pesquisas

relatam que na China 80 % da emissão de amônia é proveniente da agropecuária, devido a excreção gasosa do gado e aplicação de fertilizante nitrogenado (LANNIELLO et al., 2010). Em outra pesquisa, realizada em Houston nos Estados Unidos, foi constatado que a gasolina utilizada em veículos e a aplicação de fertilizantes, somam um total de 56% de emissão anual de amônia (GONG et al., 2013).

As fontes naturais podem ser principalmente representadas por: animais selvagens, ecossistemas não danificados e queima de biomassa. (ZBIERANOWSKI e AHERNE, 2012). Dos seres humanos, por exemplo, a emissão de amônia é proveniente da respiração, suor e excreção (ZHOU et al., 2015). A emissão deste poluente toma maiores proporções no meio urbano, pois as fontes biológicas são as principais fontes de emissão de  $\text{NH}_3$  nestas localidades. (RECHE et al., 2012). No Reino Unido, por exemplo, estima-se que o saneamento contribui com 12% da emissão de amônia (KEAN et al., 2009) em um levantamento feito pelo departamento de estatísticas do conselho da cidade de barcelona, existe uma correlação entre depósitos de lixo e a emissão de amônia na atmosfera com  $R^2 = 0,78$  para o inverno e  $R^2 = 0,87$  para o verão (RECHE et al., 2012). No entanto, sua maior fonte é a biodegradação de matéria orgânica contendo nitrogênio e a redução bacteriana do nitrato conforme a reação (1).



## 2.14 RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICA E AMÔNIA

Variáveis meteorológicas podem aumentar ou diminuir a influência da concentração antropogênica de amônia. Os resultados desta relação geralmente indicam a extensão do impacto causado pela poluição, e de que forma o poluente vai agir sobre o ambiente. Medidas recentes demonstraram que existe forte variação diária de amônia devido principalmente a temperatura, umidade relativa, precipitação e velocidade do vento, sugerindo assim que a emissão deste poluente está intimamente interligada a estas variáveis (LANNIELLO et al., 2010). Zhou et al. (2015) relata que em uma pesquisa realizada na China, no ano de 2010, foi verificada uma boa relação entre a emissão de  $\text{NH}_3$  e temperatura, pois este gás

está sujeito a lei de Henry<sup>3</sup>, em que a temperatura é responsável pelo equilíbrio entre a fase aquosa e gasosa da amônia, por isso a emissão deste poluente tende a crescer com o aumento da temperatura (BACKES et al., 2016).

No entanto, a temperatura está relacionada com a incidência solar, outra variável meteorológica, pois quanto maior for a incidência, conseqüentemente maior será a temperatura; por exemplo, segundo Lanniello et al (2010) em uma pesquisa feita em Pequim, constatou-se uma fraca mas significativa correlação linear entre  $\text{NH}_3$  e temperatura do ar considerando a concentração de amônia medida às 12 h, quando a incidência solar e a temperatura encontram o máximo valor. O mesmo padrão de relação, segundo Phan et al (2013), foi encontrado em uma pesquisa realizada na área urbana de Seul, Coréia do Sul, constatando que durante todo o ciclo diurno, a menor concentração de amônia foi de 10.4 ppb ( $27,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) às 17 h, enquanto o maior valor foi de 11,3 ppb ( $30,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) às 11 h; no entanto, a influência da radiação solar na emissão da amônia fica mais claro quando se compara o turno do dia em relação ao da noite, Lin et al., (2006) afirma que em um estudo realizado na cidade de Taichung no Taiwan, no ano de 2002, a concentração de  $\text{NH}_3$  durante o dia foi aproximadamente 0,7 vezes maior em relação à noite.

Outra variável que é responsável pela alteração da concentração de poluentes na atmosfera é a velocidade do vento. Segundo Reche et al., (2012) ela possibilita o transporte e dispersão dos poluentes quando sua velocidade está alta, isto faz com que a poluição do ar venha ser transportado para longas distâncias, afetando a qualidade do ar a quilômetros da fonte original; no entanto, quando a velocidade do vento está baixa, ela pode contribuir para que haja maior concentração de poluentes no ambiente, pois a baixa velocidade do vento impede a diluição de  $\text{NH}_3$ , causando assim o que chamamos de difusão turbulenta (DAY et al, 2012).

---

<sup>3</sup>Proposta em 1801 pelo químico britânico William Henry, a **lei de Henry** defende que a solubilidade de um gás em um líquido a determinada temperatura é diretamente proporcional à pressão parcial que o gás exerce sobre o líquido. Essa lei pode ser expressa pela fórmula  $P = K.X$ , em que P representa a pressão do gás sob a solução, K é a constante de proporcionalidade, característica da Lei de Henry de um gás específico (cada gás tem sua própria constante de Henry, que varia com a temperatura), e X representa a solubilidade do gás. (CARDOSO, 2017)

## 2.15 VARIAÇÃO SAZONAL E AMÔNIA

Além das variações meteorológicas, a amônia exibe uma distinta e significativa variação temporal, com maior concentração no verão do que no inverno, Day et al (2012), explica que no verão e primavera a incidência da radiação solar é maior, elevando assim a temperatura e possibilitando o aumento do processo fotoquímico, que é a reação de espécies químicas presentes na atmosfera, que quando induzidas pela luz solar geram amônia; por exemplo, no verão a maior temperatura favorece a volatilização da amônia proveniente da ureia e do bicarbonato de amônia que são aplicados nas culturas agrícolas.

A bibliografia também afirma a relevância da variação sazonal na influência da emissão de poluentes na atmosfera, Lanniello et al., (2010) relata que em uma pesquisa realizada em Pequim, constatou-se que a média diária da concentração de  $\text{NH}_3$  esteve entre  $0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $44,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e que ao longo do monitoramento este poluente mostrou maior concentração no verão em relação ao inverno; este padrão sazonal se repete em outros estudos ao redor do mundo. Day et al (2012), relataram que em uma pesquisa realizada no Estado do Colorado, Estados Unidos, constataram que houve alta concentração de amônia nos meses de verão, com picos em junho e julho, e menores concentrações foram na primavera e outono. Phan et al., (2013) relataram que do outro lado do globo, desta vez em Seul, Coréia do Sul, averiguou-se uma relação semelhante, em que o maior valor de amônia ocorreu em 8 de julho 2011 (verão) com uma concentração de  $24,7 \text{ ppb}^4$  ( $65,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), enquanto o menor valor ocorreu em 15 de dezembro de 2010 (inverno) com  $3,35 \text{ ppb}^2$  ( $8,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Já no mediterrâneo, Reche et al., (2012) constataram que o

---

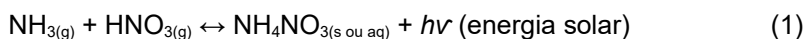
<sup>4</sup> Para transformar N ppb de um gás em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sob determinadas condições de pressão e temperatura, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$N \text{ ppb} \times \frac{M}{V(\text{atm}, T^\circ)} = \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Onde M é a massa molecular do gás em questão, V (atm, temperatura), o volume de um mol de gás a uma dada pressão (P) em unidades de atmosfera e temperatura (temperatura) em Kelvin. Ou pode ser utilizado o fator de conversão para  $1 \text{ ppb} = 1,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (RAÑA, 2014).

nível médio de amônia no verão foi de  $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e no inverno  $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ele também relatou outro dado importante, que foi a média obtida no verão em Barcelona, Espanha, onde a concentração ficou entorno de  $10,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sendo que a média no inverno foi de  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Segundo Lin et al., (2006) em Taiwan, no ano de 2002, foi encontrado uma variação sazonal semelhante, sendo que o maior valor médio,  $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , foi encontrado no verão, e o menor valor médio foi encontrado no outono e inverno, com uma concentração média de  $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de amônia; mesmo em uma pesquisa de maior extensão, em que a coleta de dados abrangeu toda a Europa, as concentrações médias na primavera ( $1,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e no verão ( $1,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) foram maiores do que no outono ( $0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e inverno ( $0,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (BACKES et al., 2015).

Hassan et al., (2012) e Lin et al., (2006) sugerem que altas concentrações de amônia no verão se deve a volatilização do  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (nitrato de amônio) devido a altas temperaturas, estudos comprovam esta relação entre amônia e nitrato de amônio, por exemplo, Kim et al., (2012) constatou que um pico na concentração de amônia ocorreu pelo meio-dia após a concentração de amônio ter diminuído, isto é consistente com o aumento da radiação solar, principalmente no verão, quando a temperatura atinge  $30^\circ$ ; a melhor explicação que os pesquisadores dão para a redução de amônia no Inverno, é a transformação deste poluente em aerossol particulado, devido as condições propicias nesta estação para a formação de outras espécies químicas (AKSOYOGLU et al., 2011) retomando assim o caminho inverso do que acontece no verão. A reação acontece da seguinte maneira:



No entanto, por mais que essa seja a melhor explicação, segundo Day et al (2012), é possível que haja maior concentração de amônia em períodos frios em relação aos períodos quentes, principalmente quando este poluente pode estar relacionado a falta de ventilação. Widawski (2015) relata que as massas de ar e a pressão também podem aumentar ou diminuir a influência da emissão antropogênica e Day et al (2012) afirma que a relativa alta na concentração de amônia no inverno é devido a estagnação atmosférica e inversão térmica. Estes pesquisadores relatam que foi constatado em uma pesquisa no Colorado, que os resultados da emissão de amônia na atmosfera, eram consistentes com a hipótese

de que as altas concentrações deste poluente durante o Inverno estavam provavelmente relacionados com a inversão térmica e estagnação. Segundo Widawski (2015) isso acontece porque no inverno, devido a pressão alta, possibilita-se condições para a maior concentração de poluição na atmosfera, como também, a inversão térmica restringe a diluição de  $\text{NH}_3$ , pois o tempo calmo devido a estagnação do ar, aumenta a concentração de aerossol e poluentes gasosos próximos a superfície (WIDAWSKI, 2015; DAY et al, 2012). Este mesmo padrão de relação aconteceu em uma pesquisa realizada na França, por exemplo, entre março e julho de 1985 (primavera e verão) e setembro e março de 1986 (outono e inverno) foi registrado uma concentração de  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

## 2.16 CONSEQUÊNCIAS DA EMISSÃO DA AMÔNIA AO AMBIENTE

São vários os impactos causados pela emissão da amônia tanto no clima quanto aos ecossistemas. Segundo afirmam Zhou et al., (2015), Swaluw et al., (2011) e Viana et al., (2014) por ser um importante constituinte alcalino na atmosfera este poluente pode trazer impactos diretos ou indiretos na qualidade do ar como mudança climática e acidificação do solo; Swaluw et al., (2011) afirma que isso acontece porque quase todo o enxofre e nitrogênio emitido para a atmosfera por fontes naturais e atividades humanas volta para a superfície terrestre via deposição atmosférica e a amônia quando depositada no ambiente terrestre pode ser oxidado para  $\text{NO}_3^-$ , tornando-o mais ácido, e consequentemente mais prejudicial ao solo. (MURANO et al., 1998).

Os efeitos adversos do N reativo entrando no ambiente são numerosos, a Amônia atmosférica tem mostrado ser a causa direta de injúria foliar em plantas terrestres, bem como alterar o crescimento e produtividade deles (KRUPA, 2003). Um estudo realizado no Canadá, sugere que a amônia é responsável por até 80% da deposição seca de Nitrogênio, como por exemplo o amônio, com maior contribuição durante os meses de verão em regiões de agricultura intensiva (ZHANG et al., 2009). Em grande parte dos países baixos, por exemplo, a carga crítica para

acidificação e eutrofização foram excedidos (BEIJK et al, 2009 citado por SWALUW et al, 2011).

A amônia pode formar material particulado secundário, mas também contribui com outros efeitos incluindo eutrofização, acidificação, mudança do clima e perda da biodiversidade (ERISMAN et al., 2013). Para diagnosticar os efeitos deste poluente na biodiversidade, foi proposto dois níveis críticos para a redução de amônia em ecossistemas:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para líquens e briófitas e  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para plantas maiores (CAPE et al., 2009). Nas principais cidades da China, constatou-se que a emissão de amônia afeta a média mensal de  $\text{PM}_{2,5}$  enquanto que ao mesmo tempo o  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$  não são significantes para a emissão daquele poluente (WU et al., 2016). Estima-se que a emissão de uma tonelada de amônia por  $\text{Km}^2$  poderia resultar em um aumento de  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{MP}_{2,5}$  na região emitida (WU et al., 2016) este aumento é importante do ponto de vista da saúde, porque estudos toxicológicos têm mostrado que partículas ultrafinas podem ter maiores efeitos fisiológicos do que partículas grossas de mesma massa (DONALDSON; LI; MACNEE, 1998).

## 2.17 PARANAGUÁ

## 2.18 CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

O Município de Paranaguá está localizado entres as seguintes posições geográficas:  $25^{\circ}31'12''$  de latitude Sul e  $48^{\circ}30'32''$  de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, sendo o único que faz divisa com os outros seis municípios do litoral paranaense; no Norte estão situados os municípios de Antonina e Guaraqueçaba; ao sul as cidades de Guaratuba e Matinhos fazem divisa com Paranaguá; a Leste está situado Pontal do Paraná e a Oeste Morretes. O município ocupa uma área de  $826.652 \text{ km}^2$ . A extensa cidade portuária do litoral paranaense, fica na planície litorânea e teve sua fundação em 1648, se destacando por ser a cidade mais antiga da Paraná e a principal do litoral paranaense (IBGE, 2015). Existem muitos acidentes geográficos em Paranaguá, entre os quais se destacam os seguintes: os rios Itiberê e Guaraguaçu, que são navegáveis; as Ilhas do Mel, da Cotinga, Rasa da Cotinga e das Pedras; a baía de Paranaguá; a gruta das Encatadas, que está localizada na porção meridional da Ilha do Mel (CEM, 2015). O município fica localizado na Bacia Hidrográfica do Litoral Paranaense, cuja a vegetação que



predominante é a Floresta Ombrófila Densa, que inclui dunas, restingas e manguezais (CEM, 2015). O clima de Paranaguá é subtropical-Cfa, que segundo a classificação climática de Köppen, apresenta característica de verão quente, úmido e com ocorrência de precipitação todos os meses do ano. As estações são bem características, pois apresentam variações extremas de temperatura entre a estação fria e quente. O período de transição entre outono e primavera é caracterizado por variações, como exemplo, o dia ser ensolarado e quente, e a noite ser relativamente fresca. (VANHONI; MENDONÇA, 2008)

## 2.19 ATIVIDADE ECONÔMICA DE PARANAGUÁ

Em estimativas realizadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2016, a cidade de Paranaguá tinha uma população de 151.829 habitantes, sendo por conseguinte a 10ª cidade na Lista de municípios do Paraná por população (IBGE, 2016). No ano de 2014 esta cidade teve um produto interno bruto de R\$ 7.200.842.000, a sexta maior do Estado do Paraná, o produto interno bruto per capita para o mesmo ano foi de R\$ 42.193 (TABELA 4).

TABELA 4: PRODUTO INTERNO BRUTO PER CAPITA DE 2010-2014

MUNICÍPIOS	Per capita (R\$)				
	2010	2011	2012	2010	2014
Paranaguá	28.965	34.230	37.480	41.722	42.193

FONTE: IPARDES (2014)

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) na cidade portuária foi considerado médio pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, com um índice de 0,750 (QUADRO 1).

QUADRO 1: ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH-M) - 2010

<b>Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM)</b>	0,750
<b>IDHM - Longevidade</b>	0,852
Esperança de vida ao nascer	76,12
<b>IDHM - Educação</b>	0,676
Escolaridade da população adulta	0,59
Fluxo escolar da população jovem (Frequência escolar)	0,72

<b>IDHM - Renda</b>	0,733
Classificação na unidade da federação	32
Classificação nacional	551

FONTE: IPARDES (2017)

Um fato importante que pode ser observado em Paranaguá é que apesar de ter o sexto maior PIB do estado, provavelmente por conta da atividade portuária, sua colocação no IDH-M estadual é o de 32º, isso demonstra que o dinheiro que entra no município não está sendo revertido em melhorias para a sociedade.

Paranaguá tem a maior parte dos indicadores médios parecidos com a média do País, segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. O coeficiente de Gini, que mede a desigualdade social é de 0,52, um valor médio, sendo que 1 é o pior número e 0 é o melhor (QUADRO 2).

QUADRO 2: ÍNDICE DE GINI DA RENDA DOMICILIAR PER CAPITA – 2010<sup>5</sup>

<b>Salvador</b>	0,6449
<b>Rio de Janeiro</b>	0,6391
<b>Vitória</b>	0,5681
<b>Paranaguá</b>	0,5235
<b>São Francisco do Sul</b>	0,4625
<b>Itajaí</b>	0,4610
<b>Santos</b>	0,3517

FONTE: IPARDES (2010)

## 2.20 ATMOSFÉRICOS (NOSSO ESTUDO)

Em Paranaguá foram desenvolvidos várias pesquisas, com o objetivo de verificar a qualidade do ar, entre eles: Avaliação da Qualidade do Ar no Município de

<sup>5</sup> Mede o grau de concentração da distribuição de renda domiciliar per capita de uma determinada população em um determinado espaço geográfico. Interpretação: Quando o índice tem valor igual a um (1), existe perfeita desigualdade, isto é, a renda domiciliar per capita é totalmente apropriada por um único indivíduo. Quando ele tem valor igual a zero (0), tem-se perfeita igualdade, isto é, a renda é distribuída na mesma proporção para todos os domicílios. Quanto mais próximo da unidade, maior a desigualdade na distribuição de renda.

Paranaguá Utilizando Indicadores Biológicos, a Prevalência de Asma e Rinite em estudantes de 13 e 14 anos no Município de Paranaguá, Avaliação da Qualidade do Ar no Colégio Estados Unidos em Paranaguá, Os Poluentes Atmosféricos Metálicos e Injustiça Ambiental: Uma abordagem metodológica para a análise de risco ambiental usando lógica difusa e casca de árvore, Modelagem Matemática da Dispersão de Poluentes Atmosféricos como Etapa de Pré-seleção de Locais para Instalação de estações de monitoramento da Qualidade do Ar em Paranaguá-PR.

A pesquisa “Avaliação da Qualidade do Ar no município de Paranaguá Utilizando Indicadores Biológicos” foi realizado pela Camila Arielle Bufato, aluna do curso de Gestão Ambiental, que objetivou estudar a potencialidade do uso de indicadores biológicos como instrumentos de avaliação da qualidade do ar no município, sugerindo as principais fontes de poluição atmosférica. Em janeiro de 2011 foram transplantados para diversos pontos de Paranaguá três espécies de líquens fruticosos. Os mesmos permaneceram por um determinado tempo e levados ao laboratório para análises químicas, em que foi possível constatar alteração biomorfológica dos líquens devido a altas concentrações de dióxido de enxofre nos ambientes urbanos. Foi possível observar que os líquens que se localizavam próximos ao complexo portuário e viário apresentaram maior degradação de clorofila. Sugerindo que estas áreas podem estar com índices maiores de contaminação atmosférica do que as demais áreas do município (BUFATO, 2011).

A pesquisa “Prevalência de Asma e Rinite em Estudantes de 13 e 14 anos no município de Paranaguá” foi realizado pela Gisele Antoniaconi, aluna do curso de Saúde Coletiva. Esse estudo buscou investigar a prevalência de asma e rinite em estudantes de 13 e 14 anos da rede estadual de ensino, utilizando como instrumento o questionário padronizado pela *International Study of Asthma and Allergies* (ISAAC). Nesta pesquisa delineou-se um estudo transversal, realizado no município de Paranaguá; os dados foram obtidos através do questionário escrito, módulo de asma e rinite, aplicado em 16 escolas da rede estadual de ensino, no mês de abril de 2013, totalizando uma mostra de 541 escolares. A pesquisa, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa foi conduzida no ambiente escolar, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos responsáveis e Termo de Assentimento Informado pelos participantes voluntários. Obteve-se 85,11% (n=429)

da amostra estimada. Paranaguá registrou uma prevalência de 13,5% de asma e 41,4% de rinite. Entre os 16 colégios a prevalência de asma variou de zero a 22,6%, e a rinite entre 14,3% e 61,4% (ANTONIACONI, 2013).

Na pesquisa “Avaliação da qualidade do ar no Colégio Estados Unidos em Paranaguá” foi realizado por três alunos do curso de Gestão Ambiental: Edipo Vinícius dos Santos Tagliatella, Felipe Foroni e Gustavo Elste. O colégio Estados Unidos foi escolhido por estar inserido perto ao complexo portuário em que há intenso fluxo de caminhão e vários estabelecimentos indústrias. Para atingir o objetivo de verificação da qualidade do ar foi instalado em julho de 2012 o amostrador de grande volume (Hi-vol) que coletou material particulado em suspensão (TAGLIATELLA, 2014). Outro equipamento, chamado comumente de trigas, coletou amônia e dióxido de nitrogênio. Os resultados encontrados para as análises de  $\text{NH}_3$  e PTS possibilitam sugerir que a atmosfera de Paranaguá também está sendo contaminada pelos poluentes, com níveis altos de concentração e média aritmética próximo ao que é considerado perigoso à saúde do ecossistema. As análises de  $\text{NO}_2$  permitiram sugerir que a média da concentração de  $\text{NO}_2$  encontrada para o Município de Paranaguá são altos na temporada de safra que se inicia em abril e vai até meados de junho, isso devido ao intenso tráfego de caminhões que descarregam no porto.

Na pesquisa “Os Poluentes atmosféricos metálicos e injustiça ambiental: Uma abordagem metodológica para a análise de risco ambiental usando lógica difusa e casca de árvore” foi desenvolvido pelo aluno de mestrado Bruno Martins Gurgatz. Este estudo descreveu uma abordagem metodológica para avaliar o risco ambiental da poluição atmosférica integrando dados sobre poluentes ambientais de cascas de árvores usando a lógica Fuzzy, com base na cidade portuária de Paranaguá, no Estado do Paraná, e validados usando indicadores de renda. Os resultados indicam que os padrões de distribuição de risco têm uma relação inversa com o indicador de renda, ou seja, níveis de risco mais altos indicam níveis de renda mais baixos e vice-versa. Concluiu-se que o sistema foi capaz de identificar a distribuição do risco e que há um contexto de injustiça ambiental na região, onde o risco ambiental relacionado à poluição do ar é inversamente proporcional aos níveis de renda (GURGATZ et al., 2016).

Um estudo que deve ser ressaltado é a modelagem matemática da dispersão de poluentes atmosféricos como etapa de pré-seleção de locais para instalação de estações de monitoramento da qualidade do ar em Paranaguá-PR. Realizado pela aluna de mestrado Juliana Pilato Rodrigues, do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O estudo teve por objetivo sugerir locais para o monitoramento da qualidade do ar no município de Paranaguá-PR. Para tal, foi utilizada modelagem matemática de dispersão de poluentes atmosféricos, associada ao levantamento de informações sobre adensamento populacional e distribuição de equipamentos urbanos nos bairros do município. Foram sugeridos para a instalação de estações de monitoramento da qualidade do ar os seguintes bairros: Alboit para estação industrial, por pertencer à Zona de Interesse Portuário, que abriga atividades potencialmente poluidoras; Costeira para estação residencial devido a sua relativa proximidade à zona portuária; Vila Horizonte para estação veicular, por estar localizado entre vias de tráfego intenso; Parque São Jorge para estação de fundo, por estar distantes de fontes de emissão significativas e os bairros Porto dos Prades e Bockmann para estação comercial, por serem bairros com características comerciais e de centralidade, nos quais se supõe haver intensa circulação de pedestres. (RODRIGUES, 2016).

### 3.0 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

O monitoramento dos gases dióxido de nitrogênio e amônia em um Colégio Estadual na cidade de Paranaguá com o objetivo de avaliar parcialmente a extensão do impacto causado pelos poluentes atmosféricos.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

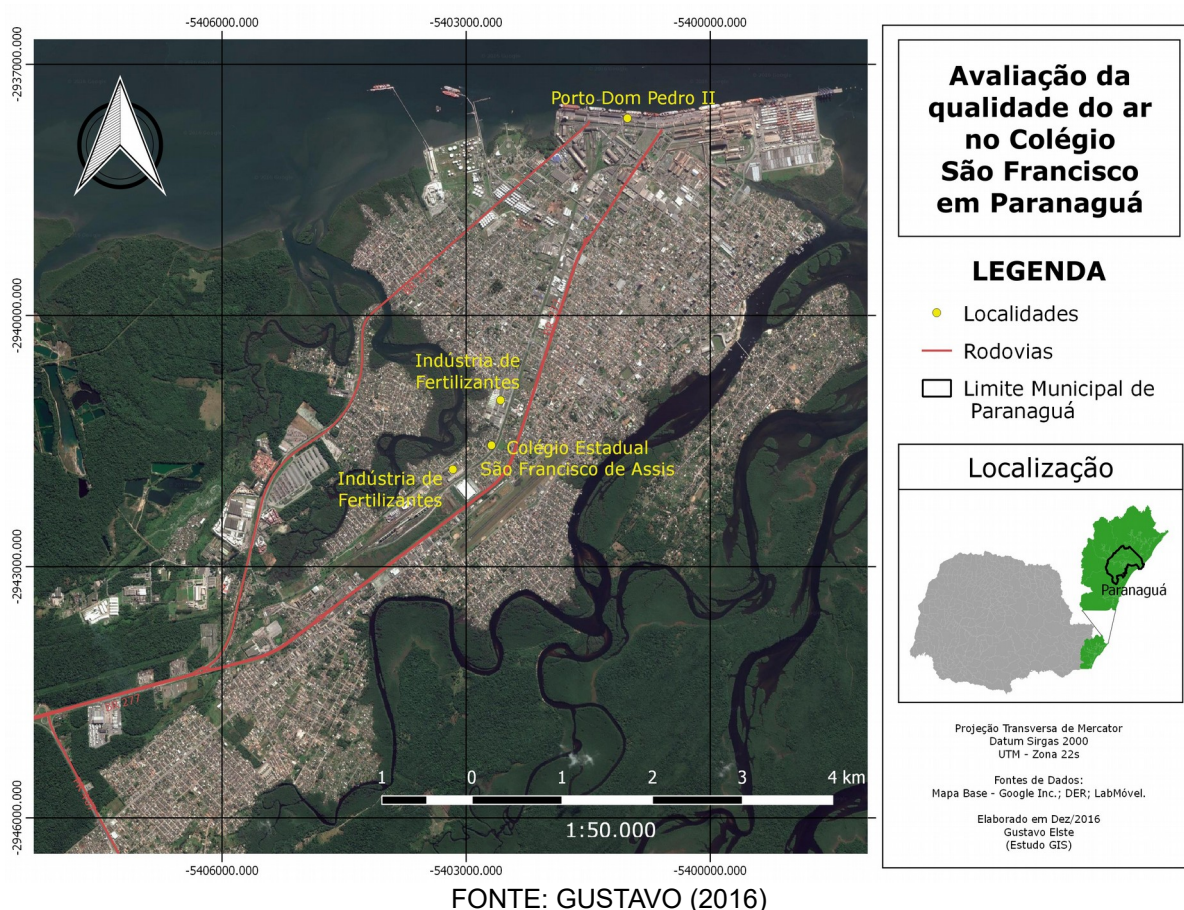
- Coletar amostras de dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) e Amônia ( $\text{NH}_3$ ) presente na atmosfera da região onde o amostrador foi instalado.
- Comparar a concentração dos poluentes coletados no local amostrado no colégio com os valores limites da Resolução CONAMA 03/90.
- Comparar a concentração dos poluentes coletados com resultados obtidos em pesquisas realizadas ao redor do mundo.
- Relacionar os resultados com variáveis meteorológicas: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, precipitação e pressão.
- Relacionar os resultados com as variáveis meteorológicas velocidade do vento e a direção do vento.
- Relacionar os resultados com tráfego de veículos pesados (ônibus e caminhões) e navios (atracados e não atracados).
- Fazer análises de regressão linear, correlação, análise fatorial e análise de componentes principais (PCA), de todas as variáveis que podem influenciar a dinâmica da emissão de poluentes atmosféricos no local de amostragem.

### 3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O equipamento para a coleta de gases APV (Amostrador de Pequeno Volume) foi instalado na cidade de Paranaguá-PR, mais especificamente no interior do Colégio Estadual São Francisco. O Colégio se encontra ao lado da linha férrea e dista cerca de 3 km do porto. O depósito de fertilizante, o maior depósito da região, e a principal rodovia que dá acesso ao porto, estão situados próximos a instituição educacional (FIGURA 4).

FIGURA 4: LOCALIZAÇÃO DO COLÉGIO SÃO FRANCISCO, E AS POTENCIAIS FONTES DE EMISSÃO



Os critérios completos para a localização de amostradores para as medições de  $\text{NH}_3$  e  $\text{NO}_2$  estão apresentados no Apêndice G do manual do amostrador. Algumas exigências mínimas são apresentadas abaixo:

- 1) O amostrador deve estar afastado a no mínimo 20 m de árvores, edifícios ou outros grandes obstáculos. Uma regra é que o amostrador fique afastado de um obstáculo em no mínimo duas vezes a altura do obstáculo com relação à entrada do amostrador.
- 2) A entrada do amostrador deve ficar ente 3 m e 15 m do solo (FIGURA-5).
- 3) O fluxo de ar em redor do amostrador deve estar livre em no mínimo 270°. Caso esteja ao lado de um edifício, o ângulo deve ser de no mínimo 180°.

Devido aos frequentes arrombamentos que tem acontecido no colégio São Francisco, foi sugerido que o equipamento fosse colocado dentro de uma gaiola de proteção, esta dificulta a ação de ladrões (FIGURA 5).

FIGURA 5: EQUIPAMENTO NA GAIOLA



FONTE: TAGLIATELLA (2015)

### 3.2 PERÍODO DE AMOSTRAGEM

A pesquisa foi realizada numa escala amostral de 12 meses. Foram realizados um total de 100 amostras de dióxido de nitrogênio, e 112 amostras de

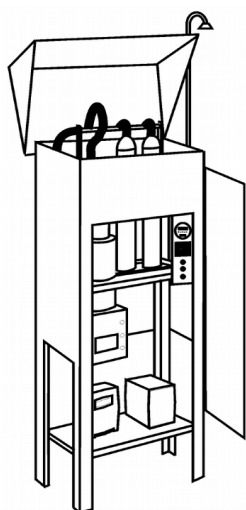


amônia. A avaliação se iniciou no mês de junho do ano de 2015 e teve seu término no mês de maio de 2016. Delimitou-se um mínimo de sete amostras por mês de cada poluente a ser amostrado. As amostras de amônia foram coletadas nas segundas, quartas e sextas-feiras, principalmente no turno da manhã entre as 9 h até as 12 h. As amostras de  $\text{NO}_2$  foram feitas nas dias de terças, quintas e sábados por um período de 24 h.

### 3.3 PROCESSO DE AMOSTRAGEM

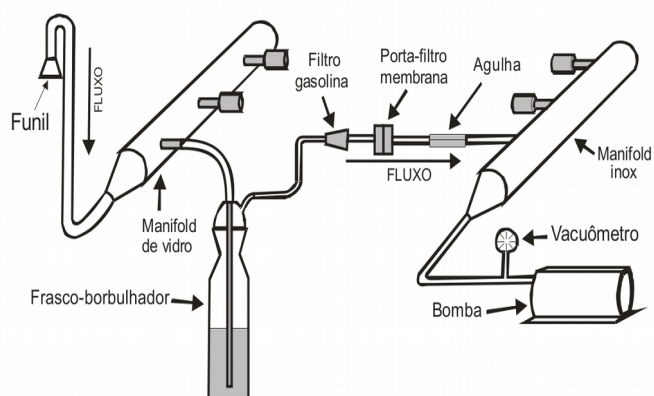
Para determinar a concentração de  $\text{NO}_2$  e  $\text{NH}_3$  foi utilizado um equipamento chamado de APV (Amostrador de Pequeno Volume), modelo TRIGAS1 (110 V) da empresa Energética, com vazão livre de 30,5 L/min (FIGURA 6). Este aparelho possui uma bomba a vácuo e faz com que o ar circule pelo sistema até ser distribuídos para três fracos borbulhadores (FIGURA 7). Agulhas hipodérmicas são colocadas antes dos fracos borbulhadores, pois tem por objetivo limitar a quantidade de ar permitindo o controle do volume que entrará em contato com os reagentes químicos por um tempo delimitado.

FIGURA 6: EQUIPAMENTO APV



FONTE: MANUAL DO APV (2015)

FIGURA 7: FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO



FONTE: MANUAL DO APV (2015)

### 3.4 PROCESSO DE ANÁLISE DA AMÔNIA

Para a análise de amônia foi utilizada a metodologia: Determinação da Amônia na Atmosfera pelo Método do Indofenol. O mesmo se encontra no manual: Métodos de amostragem no ar e Análise do Dr. James P. Lodge. As metodologias utilizadas para coleta de gases especificam a quantidade de ar que devem entrar em contato com os reagentes. O reagente para a coleta de  $\text{NH}_3$  fica exposto ao ar por um período de uma hora. Para a coleta de  $\text{NH}_3$  foram utilizadas agulhas que permitiam uma vazão de 2 L/min. Para a amostragem deste gás foi inserido em um frasco Drechsel de 100 mL, uma quantidade de 10 mL de ácido sulfúrico 0,1 N, e uma amostra em branco, com mesma quantidade de solução, também foi colocada ao lado da solução borbulhada. Após a amostragem, a solução borbulhada e a amostra em branco, foram colocadas em frascos de plásticos de 25 mL. Antes de analisamos os reagentes, foram feitas soluções de trabalho de hipoclorito e solução de trabalho de fenol.

#### 3.4.1 A Solução Trabalho de Hipoclorito

A solução é uma mistura de 7,5 mL de hipoclorito de sódio 0,1 N e 7,5 mL de hidróxido de sódio 6,75 M e diluído em água destilada, avolumando a 100 mL. Esta solução tem uma validade curta, por isso a mesma foi feita a cada amostragem.

#### 3.4.2 Solução de Trabalho de Fenol

Esta solução é constituída de uma Mistura de 5,0 mL de solução de fenol a 45 % com 0,25 mL de nitroprussiato de sódio a 2 % e diluído em água destilada, avolumando a 100 mL. Esta solução tem uma validade de quatro horas, então a cada análise é feito uma nova.

#### 3.4.3 Análise De Amônia

Em cada frasco, em que estão inseridos a solução amostrada e o branco, são colocados 2 ml de solução Tampão, 5 ml de solução trabalho de fenol, 5 ml de água destilada, 2,5 ml de solução trabalho de hipoclorito e mais 0,5 ml de água destilada. Os mesmos procedimentos são feitos com uma solução branco, o frasco é colocado em um local escuro para reagir. Após 30 minutos de repouso para a completa

reação, a solução é levada para o espectrofotômetro da Hach, modelo UV – VIS *spectrophotometer*, para a medição em comprimento de onda de 630 nm.

#### 3.4.4 Princípios do Método

A amônia na atmosfera é coletada borbulhando-se um certo volume de ar através de uma solução diluída de ácido sulfúrico, formando sulfato de amônia. O sulfato de amônia formado na amostra é analisado colorimetricamente pela reação com fenol e hipoclorito de sódio alcalino, produzindo indofenol, um corante azul. A reação é acelerada pela adição de nitroprussiato de sódio, um catalisador. A reação é postulada como segue.

#### 3.4.5 Preparação dos Padrões

Em frascos graduados de Plástico de 25 mL e munidos de tampa, foram pipetados 0,5, 1,0 e 1,5 mL de solução padrão, volumes estes correspondendo a 0,5, 10 e 15 µg de amônia/25 mL de solução. Foram avolumados com solução de absorção até a marca de 10 mL. Um reagente em branco com 10 mL de solução de absorção foi preparando em cada amostragem. Nos quatro frascos, foram adicionados os reagentes indicados no procedimento para análise.

#### 3.4.6 Espectrofotômetro

Após 30 min o padrão e os reagentes amostrados foram analisados em um espectrofotômetro da Hach, modelo UV – VIS *spectrophotometer*,. A absorbância da solução foi medida contra um reagente em branco a 630 nm, usando células de 1,0 cm (FIGURA 8).

FIGURA 8: ESPECTROFOTÔMETRO



**FONTE: EDIPO TAGLIATELLA (2016)**

### 3.4.7 Cálculo da Concentração de Amônia

Os cálculos que foram utilizados para chegar ao resultado da concentração de amônia na atmosfera, são estes:

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NH}_3 = \frac{W}{V_0}$$

Onde  $W = \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NH}_3$  de 25 ml a partir da curva padrão

$V_0$  = volume de amostra de ar em  $\text{m}^3$  a  $25^\circ\text{C}$  e  $101,3 \text{ kPa}$

$$V_0 = \frac{F}{1000} \times t \times \frac{P_s}{101,3} \times \frac{298}{273 + T_s}$$

Onde  $F$  = vazão (L/min)

$T$  = tempo decorrido de amostragem, em min

$P_s$  = pressão atmosférica, em kPa, no local de amostragem

$T_s$  = temperatura, em  $^\circ\text{C}$ , no local de amostragem.

### 3.5 ANÁLISE DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

Para a análise de dióxido de nitrogênio na atmosfera foi utilizada o método do Arsenito de Sódio para a Determinação de Dióxido de Nitrogênio na Atmosfera. Este método é o equivalente designado pela US EPA – N° EQN – 1277-026. Para a amostragem de NO<sub>2</sub> foi utilizado uma agulha que permitia uma vazão de 0,2 L/min. Os reagentes para a coleta de NO<sub>2</sub> ficaram expostos ao borbulhamento por um período de 24 h. Para a amostragem deste gás foi inserido em um frasco drechsel de 100 mL, uma quantidade de 50 ml de uma solução de Arsenito de Sódio. Uma amostra em branco, com mesma quantidade de solução, também foi colocada ao lado da solução borbulhada. A análise é feita conforme a especificação da metodologia usada para a amostragem de cada gás. Para analisar a solução absorção de NO<sub>2</sub>, que é uma solução de Arsenito de sódio e cloreto de sódio, são utilizados 10 mL daquela solução para análise, a mesma é colocada em um frasco de vidro de 25 mL, neste são colocados 1mL de peróxido de hidrogênio, 10 mL sulfanilamida e 1,4 mL solução NEDA (Dicloridrato N-(1-Naftil)). Os mesmos procedimentos são feitos para uma solução absorção não amostrada, a mesma é chamada de branco. Depois de esperar 10 min para a completa reação, a mesma é levada para a medição no espectrofotômetro.

#### 3.5.1 Padrão de análise do Dióxido de Nitrogênio

Padrão de análise do Nitrito de Sódio (10 µg NO<sub>2</sub>/ml): foi pipetado 1,25 ml da solução estoque em uma proveta de 100 ml e diluído o volume com reagente de absorção até 62,5 ml. Em erlenmeyer de vidro de 25 ml, foram pipetados 0,25 – 0,5 – 0,125 – 2,5 – 3,75 e 5 ml de solução padrão, volumes estes correspondendo a 0,1 – 0,2 – 0,5 – 1,0 – 1,5 – 2,0µg NO<sub>2</sub>/ml. Foram avolumados com solução de absorção até a marca de 25 ml. Um reagente em branco com 25 ml de solução de absorção foi preparando em cada amostragem (TABELA 5).

TABELA 5: PADRÃO DE ANÁLISE DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

Volume da solução estoque em ml	Volume final em ml	Concentração µg NO <sub>2</sub> /ml
0,25	25	0,1
0,5	25	0,2

0,125	25	0,5
2,5	25	1,0
3,75	25	1,5
5	25	2,0

FONTE: O AUTOR (2015)

### 3.5.2 Princípios do Método

O dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) ambiente é coletado borbulhando-se ar através de uma solução de hidróxido de sódio e arsenito de sódio. A concentração de íon de nitrito (NO<sub>2</sub>) produzida durante a amostragem é determinada colorimetricamente pela reação de íon de nitrito com ácido fosfórico, sulfanilamida e diidrocloreto N-(1-naftil)-etilenodiamina, medindo-se a absorção do corante azo altamente colorido a 540 nm.

### 3.5.3 Cálculo da Concentração de Dióxido de Nitrogênio

Para chegar ao resultado da concentração de dióxido de nitrogênio, monitorado no colégio, foi utilizado o cálculo da concentração de Dióxido de Nitrogênio:

$$\mu\text{g NO}_2 / \text{m}^3 = \frac{(\mu\text{g} / \text{NO}_2 / \text{ml}) \times 50}{V \times 0,82} \times D$$

Onde:  $\mu\text{g NO}_2 / \text{ml}$  = concentração de NO<sub>2</sub> em amostra analisada

50 = volume do reagente de absorção usado na amostragem, em ml

V = volume da amostra de ar, em m<sup>3</sup>

0,82 = eficiência da amostragem

D = fator de diluição (D = 1 para não diluição; D = 2 para diluição de 1:1)

## 3.6 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Para compreender melhor a dinâmica dos gases na atmosfera, foram utilizados variáveis meteorológicas que podem influenciar no resultado da pesquisa.

Estes dados foram cedidos pelo SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná). As variáveis que foram utilizadas são: pressão atmosférica, umidade relativa do ar, temperatura, direção dos ventos, velocidade dos ventos e precipitação pluviométrica. Estes serão comparados com os resultados obtidos durante a pesquisa, e através de cálculos estatísticos poderá se compreender quais são as influências do ambiente para o resultado na dispersão dos gases. Para os meses de julho e agosto, foram utilizados dados da estação de Guaratuba, pois para este período não houve dados na estação que fica localizada em Paranaguá.

### 3.7 RELAÇÃO DO TRAFEGO COM A POLUIÇÃO

Foram utilizados dados do fluxo de caminhões e ônibus provenientes da Ecovia Caminho do Mar S/A, os mesmos têm por objetivo compreender se existe alguma relação entre os caminhões que passam pela praça de pedágio em direção ao litoral e a concentração de gases coletados no local da pesquisa. Também foram solicitados dados do Porto de Paranaguá, principalmente dos navios que atracam no porto. Os dados do tráfego de navios foram utilizados para constatar a relação que o porto tem com a emissão de poluentes atmosféricos.

### 3.8 PROGRAMAS ESTATÍSTICOS

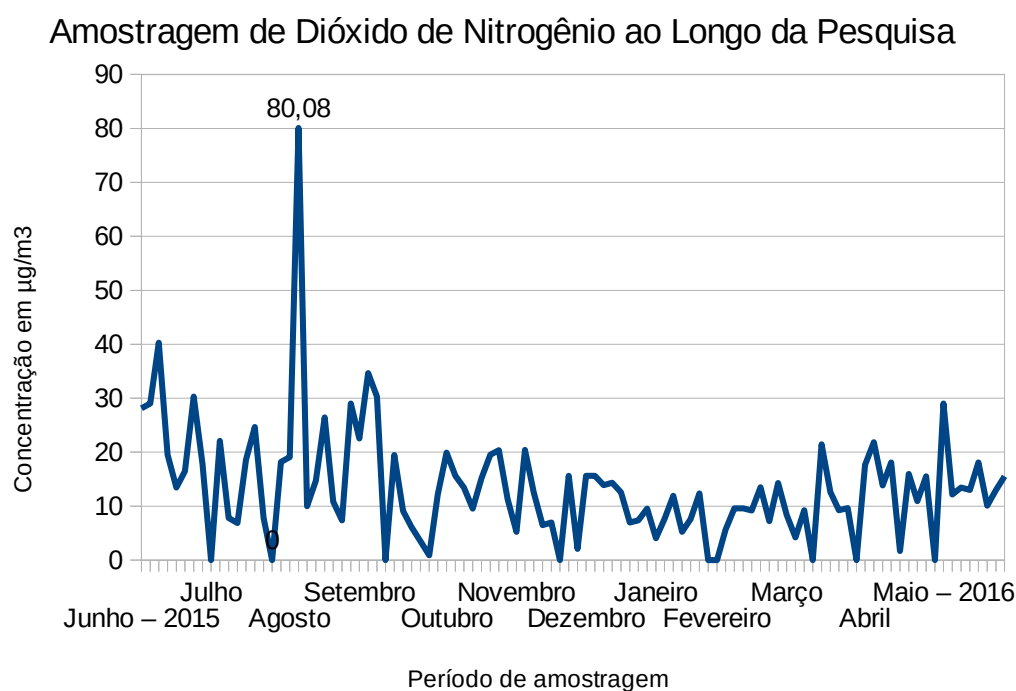
Os cálculos estatísticos foram realizados com os *softwares* estatísticos R (pacote *OpenAir* R *CORE TEAM*, 2014) e o programa estatístico Jasper. A partir de dados secundários, foram desenvolvidos gráficos e informações para a dissertação, conforme é exposto a seguir: a partir do programa estatístico Jasper foi feita a relação dos resultados obtidos com informações meteorológicas fornecidas pelo SIMEPAR, dados de veículos pesados pela praça de pedágio da Ecovias e tráfego de navios atracados e não atracados pelo porto. O comportamento do poluente no ambiente através das rosas da poluição e a análise multivariável relacionando poluentes e todas as variáveis, foram feitos a partir das ferramentas do software R.

## 4.0 RESULTADOS

### 4.1 MÉDIA DIÁRIA DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

A avaliação da emissão de dióxido de nitrogênio teve início no dia 11 de junho de 2015 e finalizou no dia 26 de maio de 2016, foram realizados um total de 100 amostras deste poluente em um ano de pesquisa (GRÁFICO – 1). A média anual, levando em conta as amostragens feitas ao longo da pesquisa no colégio São Francisco, ficou no entorno de  $12,9 \pm 7,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

GRÁFICO 1 – CONCENTRAÇÃO DAS AMOSTRAGENS DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NO PERÍODO DE UM ANO DE PESQUISA.



Amostragem de Dióxido de Nitrogênio em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ao longo da pesquisa. O Eixo horizontal representa o escala temporal de amostragem. O eixo vertical representa a concentração média em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em destaque a maior média obtida.

FONTE: O AUTOR (2017)

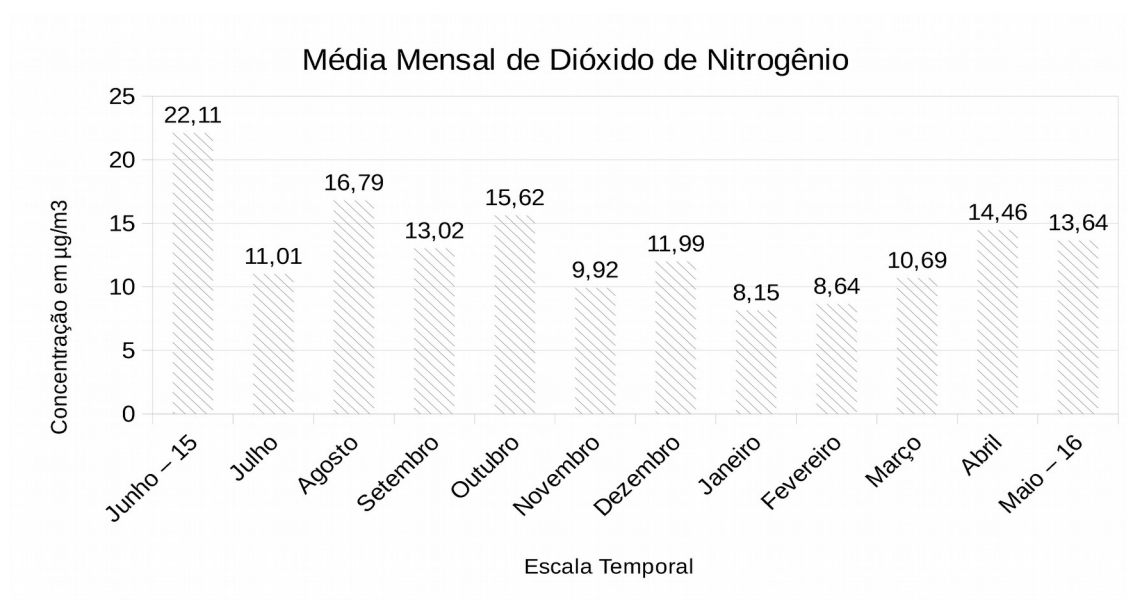
Dentre os resultados encontrados, podemos destacar a amostra de quinta-feira, no dia 6 de agosto de 2015 foi de  $80,08 \pm 0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 1).



## 4.2 MÉDIA MENSAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

Nos doze meses de pesquisa, o mês de junho de 2015 se destacou por ter a maior média com  $22,11 \pm 6,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de dióxido de nitrogênio (GRÁFICO – 2). Neste mês foram feitas oito amostragens. Uma variável importante foi a temperatura média que foi de  $17,3 \pm 2,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Neste mês também foram constatados alta pressão atmosférica  $765,75 \pm 5,33 \text{ mmHg}$ , alta umidade relativa do ar  $93,5 \pm 3,7 \%$  e baixa velocidade do vento  $1,5 \pm 0,6 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $7418 \pm 1274$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

GRÁFICO 2 – MÉDIA MENSAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO



Média mensal de dióxido de Nitrogênio. O Eixo vertical representa a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eixo horizontal representa o período amostral.

FONTE: O AUTOR (2017)

No mês de julho foram feitas oito coletas, sendo que a concentração obtida para este mês foi  $11,01 \pm 9,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 2). A temperatura atingiu uma média de  $19,12 \pm 2,44 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $85,56 \pm 10,95\%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,14 \pm 0,83 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, em média  $5893 \pm 1256$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovias.

Em agosto foram feitas oito amostragens, a média mensal ficou em  $16,79 \pm 8,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura foi registrada em  $19,46 \pm 1,80 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $90,80 \pm 3,79 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,45 \pm 0,60 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $7755 \pm 795$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

No mês de setembro foram feitas oito coletas, sendo que a concentração obtida para este mês foi  $13,02 \pm 10,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura atingiu uma média de  $21,46 \pm 3,57 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $86,22 \pm 5,90 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,41 \pm 0,63 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, estima-se que  $6024 \pm 1337$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovias.

Em outubro foram feitas oito amostragens, a média mensal ficou em  $15,62 \pm 4,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura foi registrada em  $20,29 \pm 1,49 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $89,86 \pm 2,71 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,37 \pm 0,73 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $6676 \pm 884$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

No mês de novembro foram feitas oito coletas. A concentração obtida para este mês foi  $9,92 \pm 6,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura atingiu uma média de  $24,29 \pm 1,54 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $84,62 \pm 4,44 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,16 \pm 0,45 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, foi estimado que  $5637 \pm 1116$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovias.

Em dezembro foram feitas oito amostragens, a média mensal ficou em  $11,99 \pm 3,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura foi registrada em  $29,18 \pm 2,75 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $78,58 \pm 4,59 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,49 \pm 0,28 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $5681 \pm 1447$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

A menor média mensal foi encontrada no mês de janeiro com  $8,15 \pm 3,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , neste período foram feitas sete amostras, sendo que uma foi cancelada. A temperatura para os dias de amostragem ficou entorno de  $28,84 \pm 2,09 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar ficou no entorno de  $74,010 \pm 2,38 \%$ , e a velocidade do vento foi de  $2,81 \pm 0,39 \text{ m/s}$ . Foi estimado que, nos dias de amostragem, trafegaram pelo litoral paranaense em média  $6225 \pm 1283$  veículos de grande porte.

No mês de fevereiro foram feitas oito coletas. A concentração obtida para este mês foi  $8,64 \pm 4,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura atingiu uma média de  $28,43 \pm 1,47 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $82,33 \pm 3,48 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,29 \pm 0,44 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, foi estimado que  $5927 \pm 1487$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovia.

Em março foram feitas 8 amostragens. A média mensal ficou em  $10,69 \pm 5,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura foi registrada em  $26,96 \pm 1,57 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $81,41 \pm 4,59 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,49 \pm 0,34 \text{ m/s}$ . Neste período, em média cerca de  $7373 \pm 1004$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

No mês de abril foram feitas oito coletas. A concentração obtida para este mês foi  $14,46 \pm 6,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura atingiu uma média de  $29,56 \pm 2,04 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $76,16 \pm 3,89 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,96 \pm 0,20 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, foi estimado que  $7140 \pm 1229$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovia.

Em maio foram feitas oito amostragens, sendo que uma delas foi considerada como *outlier* e foi conseqüentemente cancelada. A média mensal ficou em  $13,64 \pm 2,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura foi registrada em  $19,61 \pm 2,52 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $82,78 \pm 4,35 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,05 \pm 0,42 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $6400 \pm 1503$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem (TABELA 6).

TABELA 6: RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO E VARIÁVEIS

Meses	Concentração o $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Temperatura $^\circ\text{C}$		Umidade do ar %		Velocidade do vento m/s		Veículos pesados	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Jun	22,11	6,87	17,3	2,3	93,5	3,7	1,5	0,6	7418	1274
Jul	11,01	9,62	19,12	2,44	85,56	10,95	2,14	0,83	5893	1256
Ago	16,79	8,38	19,46	1,80	90,80	3,79	2,45	0,60	7755	795
Set	13,02	10,23	21,46	3,57	86,22	5,90	2,41	0,63	6024	1337
Out	15,62	4,08	20,29	1,49	89,86	2,71	2,37	0,73	6676	884

	Concentração o $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Temperatura C°		Umidade do ar %		Velocidade do vento m/s		Veículos pesados	
Nov	9,92	6,48	24,29	1,54	84,62	4,44	2,16	0,45	5637	1116
Dez	11,99	3,54	29,18	2,75	78,58	4,29	2,49	0,28	5681	1447
Jan	8,15	3,38	28,4	2,09	74,01	2,38	2,81	0,39	6225	1283
Fev	8,64	4,52	28,43	1,47	82,33	3,48	2,29	0,44	5927	1487
Mar	10,69	5,35	26,96	1,57	81,41	4,59	2,49	0,34	7373	1004
Abr	14,46	6,06	29,56	2,04	76,16	3,89	1,96	0,20	7140	1229
Mai	13,64	2,54	19,61	2,52	82,78	4,35	2,05	0,42	6400	1503

FONTE: O AUTOR (2017)

#### 4.3 MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

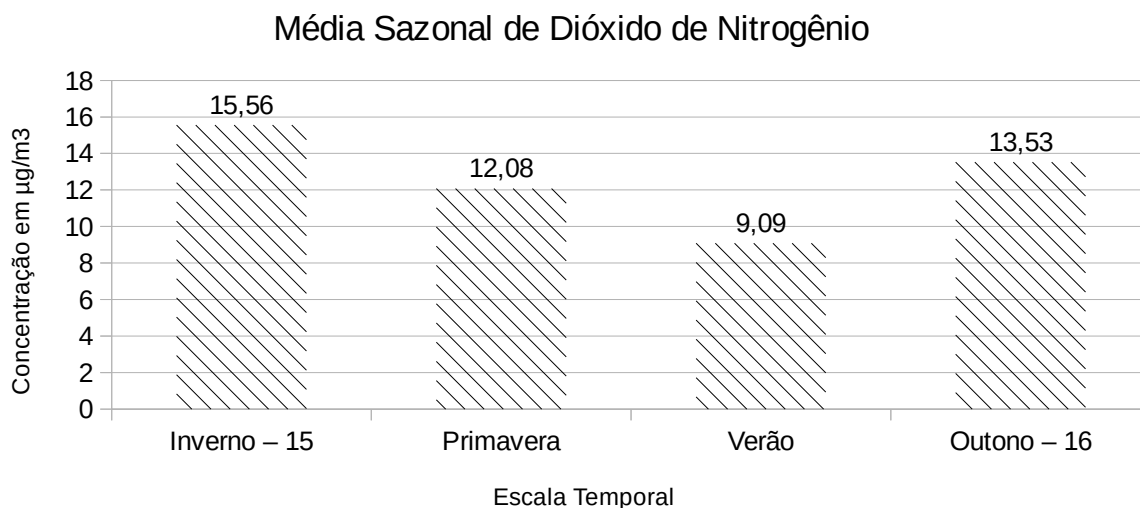
Na estação do Inverno houve a maior média sazonal, sendo registrado em  $15,56 \pm 9,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 3). Neste período foram feitas um total de 23 amostras. A temperatura média para esta estação, nos dias de amostragem, foi de  $19,65 \pm 2,65 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar ficou no de  $87,32 \pm 7,75 \%$  e velocidade do vento atingiu  $2,32 \pm 0,69 \text{ m/s}$ . Circularam em média  $6803 \pm 1414$  veículos pesados trafegaram pela praça de pedágio da Ecovias nessa estação.

Na primavera foi registrado uma concentração de  $12,08 \pm 5,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nesta estação foram feitas 25 amostras, no entanto uma delas foi cancelada. A temperatura média, nos dias coletados, atingiu o pico de  $23,68 \pm 3,68 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $85,47 \pm 5,72 \%$  e a velocidade do vento atingiu  $2,36 \pm 0,52 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $6147 \pm 1083$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

O verão foi a estação que teve a menor concentração média, atingindo um nível de  $9,09 \pm 4,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Durante esta estação, foram realizados um total de 22 amostras, porém uma delas foi cancelada. A temperatura média para esta estação ficou no entorno de  $28,69 \pm 1,80 \text{ }^\circ\text{C}$ , a média da umidade relativa do ar foi de  $79,03 \pm 5,20 \%$  e a velocidade do vento atingiu  $2,46 \pm 0,42 \text{ m/s}$ . Circularam em média  $6149 \pm 1467$  veículos pesados pela praça de pedágio da Ecovias nessa estação.

A média sazonal para o outono foi de  $13,53 \pm 4,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , neste período foram feitas 18 coletas, sendo que uma delas foi cancelada. A temperatura média, nos dias coletados, atingiu o pico de  $24,71 \pm 5,42 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $81,30 \pm 4,43 \%$  e a velocidade do vento atingiu  $2,03 \pm 0,28 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $6861 \pm 1387$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

GRÁFICO 3 – MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO



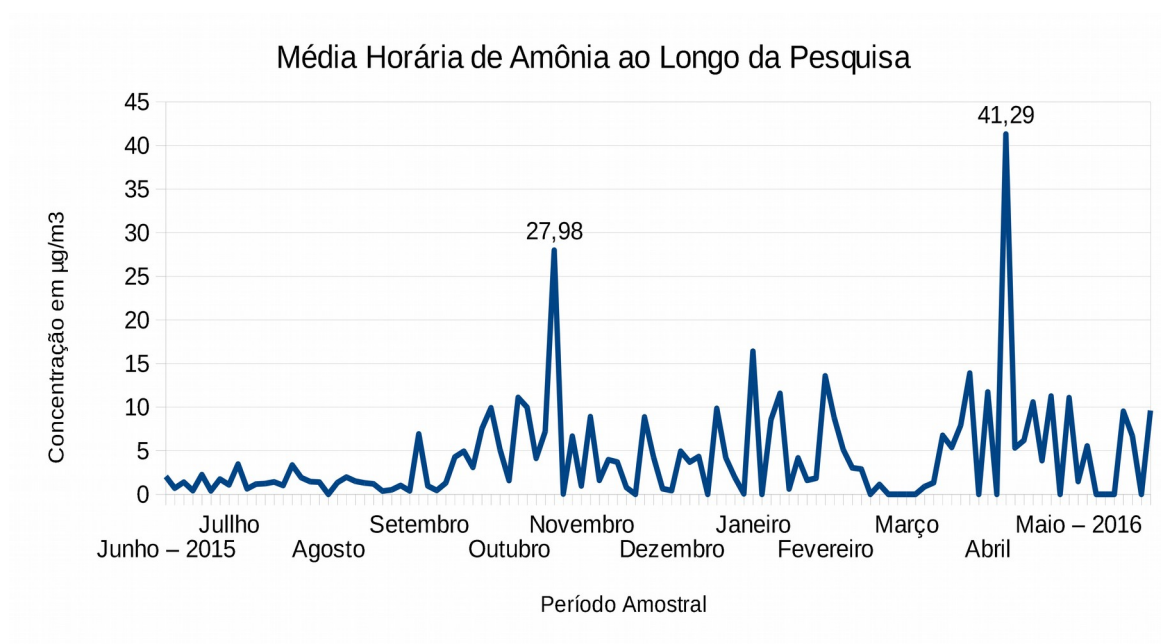
Média sazonal de Dióxido de Nitrogênio em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eixo horizontal representa as estações do ano, o eixo vertical representa a concentração.

FONTE: O AUTOR (2017)

#### 4.4 MÉDIA HORÁRIA DE AMÔNIA

A avaliação da emissão de amônia no Colégio, se iniciou no dia 12 de junho de 2015 e foi finalizado no dia 30 de maio de 2016, totalizando 110 amostragens ao longo de um ano. A média anual deste poluente foi de  $3,61 \pm 3,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Foram encontrados um total de cinco *outliers*, estes resultados não foram considerados para as médias mensais e sazonais. Também neste período de pesquisa duas amostras foram canceladas. As médias variaram entre zero a  $41,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

GRÁFICO 4 – MÉDIA DIÁRIA DE AMÔNIA NO PERÍODO EM UM ANO DE AMOSTRAGEM



Amostragem de Amônia em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ao longo do ano. O eixo horizontal representa as amostragens ao longo da pesquisa, o eixo vertical representa a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em destaque estão as maiores médias ao longo da pesquisa.

FONTE: O AUTOR (2017)

#### 4.5 MÉDIA MENSAL DE AMÔNIA

No mês de junho foram feitas um total de sete amostras, a média mensal foi de  $1,27 \pm 0,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de dióxido de nitrogênio (GRÁFICO – 5). Uma variável importante foi a temperatura média que esteve no entorno de  $15,6 \pm 1,31 \text{ }^\circ\text{C}$ , alta umidade relativa do ar –  $91,79 \pm 6,68 \%$  e baixa velocidade do vento –  $1,39 \pm 0,57 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $7696 \pm 432$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

No mês de julho foram realizadas 11 coletas, no entanto duas delas foram consideradas *outlier*, e por isso não foram incluídos na média mensal. A concentração obtida para este mês foi  $1,25 \pm 0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A temperatura atingiu uma média de  $16,95 \pm 2,53 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $95,40 \pm 8,41 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,53 \pm 1,88 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, em média  $6854 \pm 609$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovias.

Em agosto foram feitas 10 amostragens. A média mensal ficou em  $0,95 \pm 0,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a menor média mensal ao longo da pesquisa. A temperatura foi registrada em  $17,83 \pm 2,02 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $96,10 \pm 5,42 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,59 \pm 0,90 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $7573 \pm 483$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

No mês de setembro foram feitas 10 coletas, sendo que a concentração obtida para este mês foi de  $4,44 \pm 3,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5). A temperatura atingiu uma média de  $18,61 \pm 2,68 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $95,98 \pm 2,24 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,58 \pm 1,13 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, estima-se que  $6714 \pm 579$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovias.

Em outubro foram feitas oito amostragens, sendo que uma delas foi considerada como outlier, e conseqüentemente cancelada. A média mensal ficou em  $5,80 \pm 4,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5). A temperatura foi registrada em  $20,09 \pm 2,97 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $89,79 \pm 5,70 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $2,23 \pm 1,14 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $6475 \pm 722$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

No mês de novembro foram feitas 10 coletas. A concentração obtida para este mês foi  $3,36 \pm 3,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5). A temperatura atingiu uma média de  $21,89 \pm 1,60 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $89,65 \pm 4,15\%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,10 \pm 0,44 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, foi estimado que  $5915 \pm 958$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovias.

Em dezembro foram feitas nove amostragens, a média mensal ficou em  $3,26 \pm 3,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5). A temperatura foi registrada em  $25,30 \pm 3,35 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $80,46 \pm 12,24 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,93 \pm 0,79 \text{ m/s}$ . Neste período, cerca de  $6299 \pm 700$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

No mês de janeiro foram feitas oito coletas. A média mensal para este período foi de  $5,59 \pm 5,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 2). A temperatura para os dias de amostragem ficou entorno de  $24,13 \pm 1,39 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar ficou no entorno de  $86,38 \pm 7,07 \%$ , e a velocidade do vento foi de  $2,25 \pm 1,07 \text{ m/s}$ . Foi estimado que, nos dias

de amostragem, trafegaram pelo litoral paranaense em média  $6225 \pm 1283$  veículos de grande porte.

No mês de fevereiro foram feitas oito coletas, no entanto uma delas foi considerada como *outlier* e consequentemente eliminada. A concentração obtida para este mês foi  $2,61 \pm 3,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5). A temperatura atingiu uma média de  $26,43 \pm 1,80 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $83,59 \pm 11,13 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,31 \pm 0,40 \text{ m/s}$ . Nos dias de coleta, para este mês, foi estimado que  $7097 \pm 933$  veículos de grande porte passaram pela praça de pedágio da Ecovias.

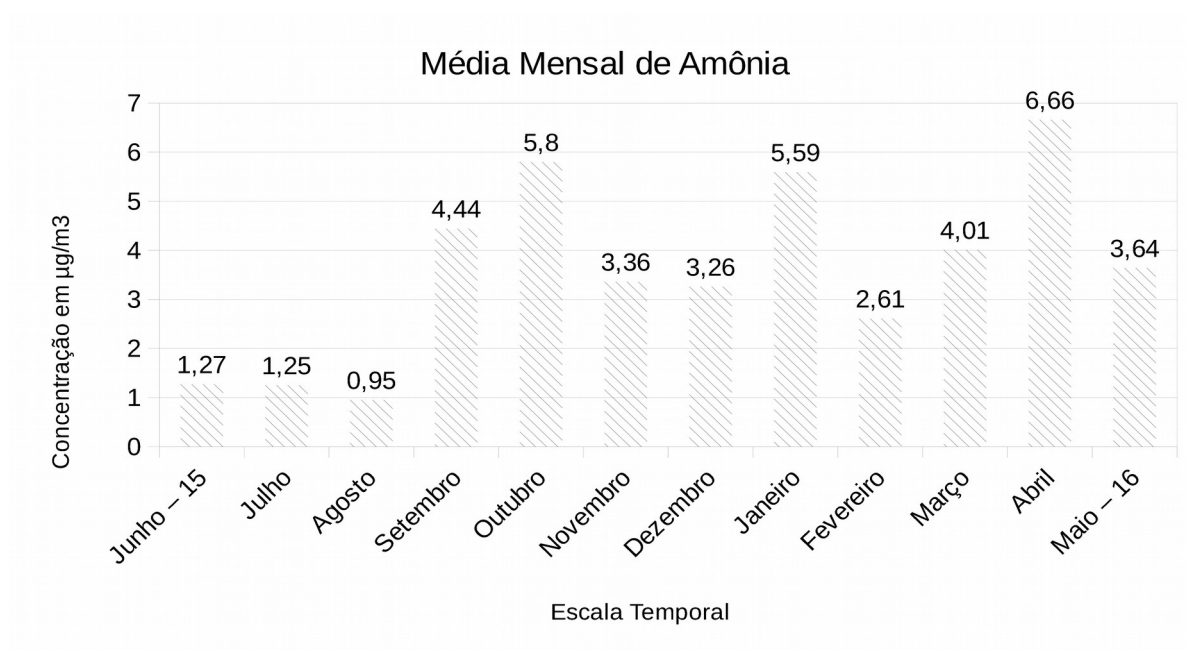
Em março foram feitas nove amostragens. A média mensal ficou em  $4,01 \pm 4,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5). A temperatura foi registrada em  $23,07 \pm 1,50 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $88,60 \pm 4,26 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,38 \pm 0,46 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $7907 \pm 455$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

Nos 12 meses de pesquisa, o mês de abril do ano de 2016 obteve uma concentração de  $6,66 \pm 4,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5), a maior média mensal na avaliação de amônia, neste período foram feitas 10 coletas, no entanto uma delas foi considerada *outlier*, e consequentemente eliminada. A temperatura atingiu uma média de  $22,51 \pm 4,61 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar ficou  $85,64 \pm 5,38 \%$  e a velocidade do vento atingiu a média de  $1,21 \text{ m/s} \pm 0,66$ . Em média  $7494 \pm 901$  veículos pesados, entre caminhões e ônibus, passaram pela praça de pedágio nos dias de coletas neste mês.

Em maio foram feitas nove amostragens. A média mensal ficou em  $3,64 \pm 4,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 5). A temperatura foi registrada em  $17,54 \pm 2,86 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar atingiu  $85,88 \pm 8,07 \%$  e a velocidade do vento chegou em  $1,36 \pm 0,68 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $5042 \pm 1942$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem (TABELA 7).



GRÁFICO 5 – MÉDIA MENSAL DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA



Média mensal de Amônia em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . O eixo horizontal representam o período amostral de junho de 2015 até maio de 2016, o eixo vertical representa a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

FONTE: O AUTOR (2017)

TABELA 7: RELAÇÃO ENTRE CONCENTRAÇÃO DA MÉDIA MENSAL DE AMÔNIA E VARIÁVEIS

Nesta tabela estão listadas as médias mensais e desvio padrão das concentrações de Amônia e de algumas variáveis

Meses	Concentração o $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Temperatura C°		Umidade do ar %		Velocidade do vento m/s		Veículos pesados	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
<b>Jun/15</b>	1,27	0,77	15,6	1,31	91,79	6,68	0,57	1,39	7696	432
<b>Jul/15</b>	1,25	0,35	16,95	2,53	95,40	8,41	1,53	1,88	6854	609
<b>Ago/15</b>	0,95	0,54	17,83	2,02	96,10	5,42	1,59	0,90	7573	483
<b>Set/15</b>	4,44	3,09	18,61	2,68	95,98	2,24	1,58	1,13	6714	579
<b>Out/15</b>	5,80	4,11	20,09	2,97	89,79	5,70	2,23	1,14	6475	722
<b>Nov/15</b>	3,36	3,23	21,89	1,60	89,65	4,15	1,10	0,44	5915	958
<b>Dez/15</b>	3,26	3,54	25,30	3,35	80,46	12,24	1,93	0,79	6299	700

	Concentração o $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Temperatura C°		Umidade do ar %		Velocidade do vento m/s		Veículos pesados	
<b>Jan/16</b>	5,59	5,96	24,13	1,39	86,38	7,07	2,25	1,07	6225	1283
<b>Fev/16</b>	2,61	3,09	26,43	1,80	83,59	11,13	1,31	0,40	7097	933
<b>Mar/16</b>	4,01	4,83	23,07	1,50	88,60	4,26	1,38	0,46	7907	455
<b>Abr/16</b>	6,66	4,74	22,51	4,61	85,64	5,38	1,21	0,66	7494	901
<b>Mai/ 16</b>	3,64	4,18	17,54	2,86	85,88	8,07	1,36	0,68	5042	1942

FONTE: O AUTOR (2017)

#### 4.6 MÉDIA SAZONAL DE AMÔNIA

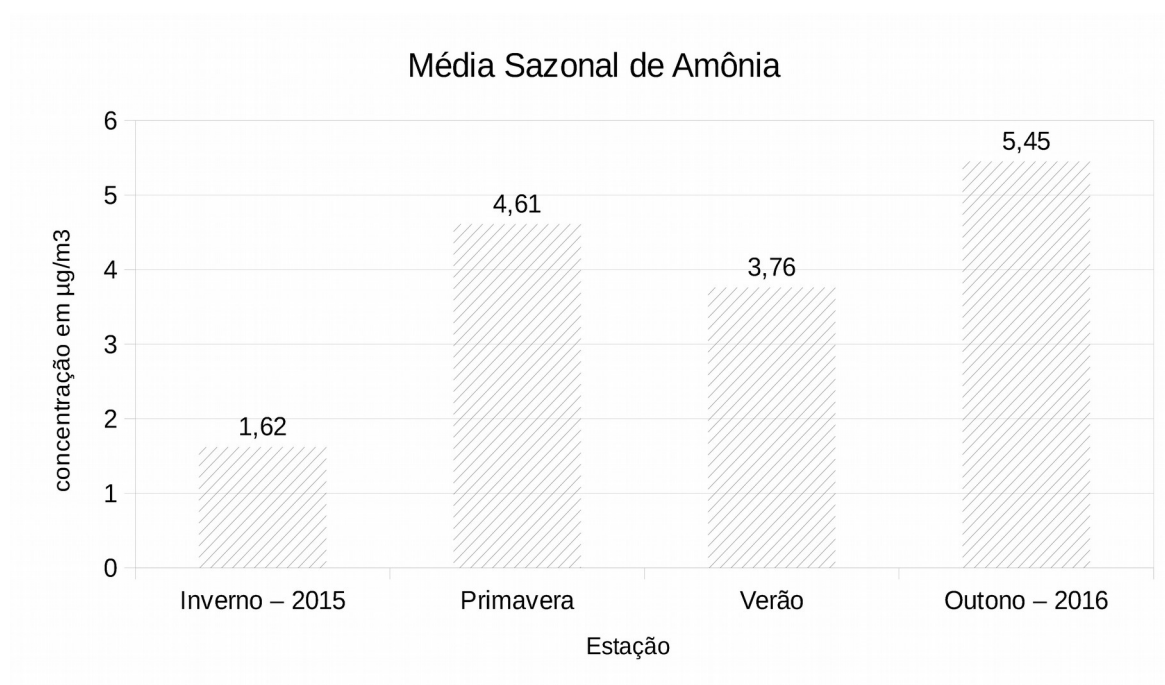
No inverno houve a menor média sazonal, sendo registrado  $1,62 \pm 1,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 6). Neste período foram feitas um total de 29 amostras, sendo que uma delas era *outlier*, sendo assim eliminada, e outras duas foram canceladas. A temperatura média para esta estação, nos dias de amostragem, foi de  $17,25 \pm 2,27$  °C, a umidade relativa do ar ficou no de  $95,94 \pm 5,92$  % e velocidade do vento atingiu  $1,45 \pm 1,18$  m/s. Estimativas sugeriram que em média  $7125 \pm 677$  veículos pesados trafegaram pela praça de pedágio da Ecovias nessa estação.

Na primavera foi registrado uma concentração de  $4,61 \pm 3,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 6). Nesta estação foram feitas 26 coletas, no entanto uma era *outlier*, não sendo considerada na média. A temperatura média, nos dias coletados, atingiu o valor de  $21,84 \pm 2,62$  °C, a umidade relativa do ar foi registrado em  $88,08 \pm 7,27$  % e a velocidade do vento atingiu  $1,80 \pm 1,07$  m/s. Neste período, em média  $6267 \pm 845$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

A média sazonal no verão atingiu um nível de  $3,76 \pm 4,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 6). Durante esta estação, foram realizados um total de 25 amostras, porém uma delas foi considerada como *outlier*, sendo então eliminada. A temperatura média para esta estação foi de  $25,03 \pm 2,51$  °C, a média da umidade relativa do ar foi de  $85,65 \pm 9,72$  % e a velocidade do vento atingiu  $1,62 \pm 0,80$  m/s. Estimativas sugeriram que em média  $7084 \pm 788$  veículos pesados trafegaram pela praça de pedágio da Ecovias nessa estação.

A média sazonal para o outono foi de  $5,45 \pm 4,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO – 6), neste período foram feitas 21 coletas, sendo que uma delas foi considerada como *outlier* e desconsidera para a média sazonal. A temperatura média, nos dias coletados, foi de  $20,43 \pm 4,30 \text{ }^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar foi registrado em  $85,65 \pm 6,29 \%$  e a velocidade do vento atingiu  $1,35 \pm 0,65 \text{ m/s}$ . Neste período, em média  $6516 \pm 1899$  caminhões e ônibus trafegaram pelo litoral paranaense nos dias de amostragem.

GRÁFICO 6 – MÉDIA SAZONAL DA CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA



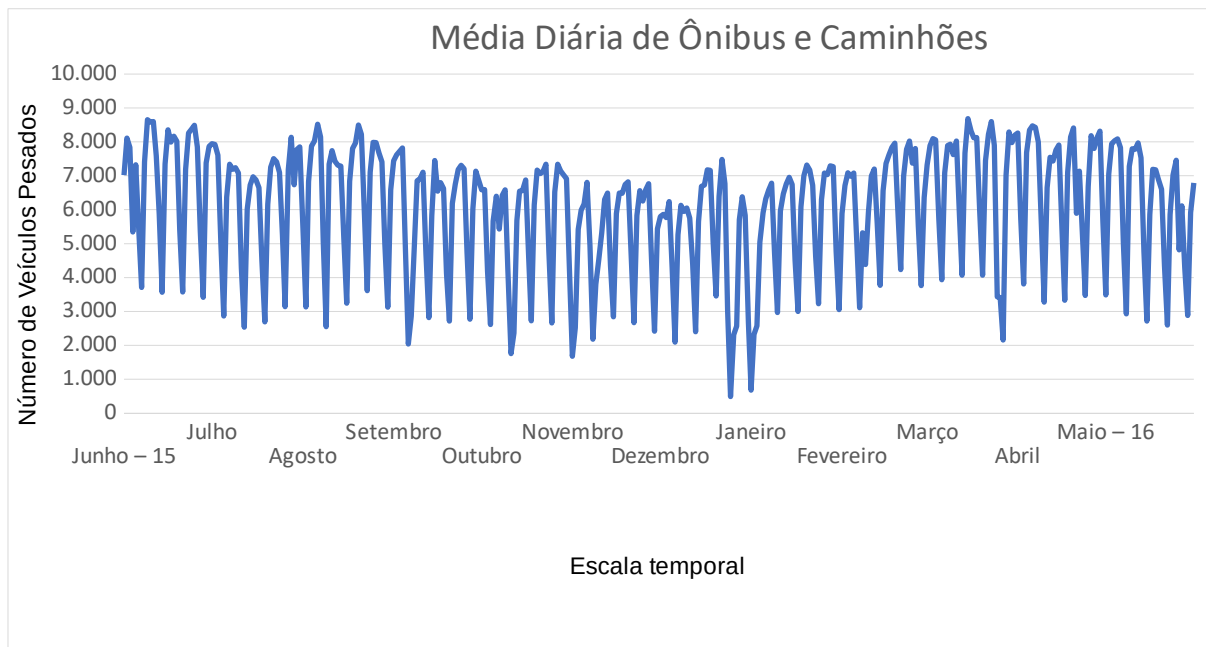
Média sazonal de Amônia em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . O eixo horizontal representa as estações do ano, o eixo vertical representa a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

FONTE: O AUTOR (2017)

#### 4.7 DADOS ABSOLUTOS DE CAMINHÕES E ÔNIBUS

No período que compreende o mês de junho de 2015 a maio de 2016, trafegaram pelo litoral paranaense um total de 2.222.877 veículos pesados (ônibus e caminhões). As depressões no gráfico, são vistas principalmente nos domingos, onde há menor tráfego de veículos pesados durante a semana (GRÁFICO 7).

GRÁFICO 7 – MÉDIA DIÁRIA DE ÔNIBUS E CAMINHÕES



Média Diária de Ônibus e Caminhões que trafegaram pela praça de pedágio da Ecovias. O eixo vertical representa o número de veículos pesados, o eixo horizontal representa a escala temporal que coincide com o período de amostragem feita no colégio São Francisco.

FONTE: O AUTOR (2017)

#### 4.8 MÉDIA MENSAL DE CAMINHÕES E ÔNIBUS

Em média  $6935 \pm 1678$  veículos pesados trafegaram diariamente pelo litoral paranaense no mês de junho de 2015 (GRÁFICO – 8). Neste período passaram pela praça de pedágio 208 040 ônibus e caminhões.

No mês de junho, em média  $6300 \pm 1670$  caminhões e ônibus passaram pela praça de pedágio diariamente. Um total de 195 295 veículos pesados desceram a Serra do mar neste período.

Em agosto, uma média de  $6543 \pm 1807$  veículos pesados passaram pela praça de pedágio da Ecovias em direção ao litoral paranaense. Neste mês trafegaram 202 819 ônibus e caminhões na planície litorânea.

Em média  $5861 \pm 1760$  veículos pesados trafegaram diariamente pelo litoral paranaense no mês de setembro de 2015. Neste período passaram pela praça de pedágio 175 832 ônibus e caminhões.

No mês de outubro, em média  $5590 \pm 1696$  caminhões e ônibus passaram pela praça de pedágio diariamente. Um total de 173 280 veículos pesados desceram a Serra do mar neste período.

Em novembro, uma média de  $5115 \pm 1615$  veículos pesados passaram pela praça de pedágio da Ecovias em direção ao litoral paranaense. Neste mês trafegaram 153 460 ônibus e caminhões na planície litorânea.

Em média  $5081 \pm 1808$  veículos pesados trafegaram diariamente pelo litoral paranaense no mês de dezembro de 2015, esta foi a menor média mensal no período que coincide com a avaliação da qualidade do ar no colégio São Francisco. Neste período passaram pela praça de pedágio 157 521 ônibus e caminhões.

No mês de janeiro, em média  $5459 \pm 1832$  caminhões e ônibus passaram pela praça de pedágio diariamente. Um total de 169 215 veículos pesados desceram a Serra do mar neste período.

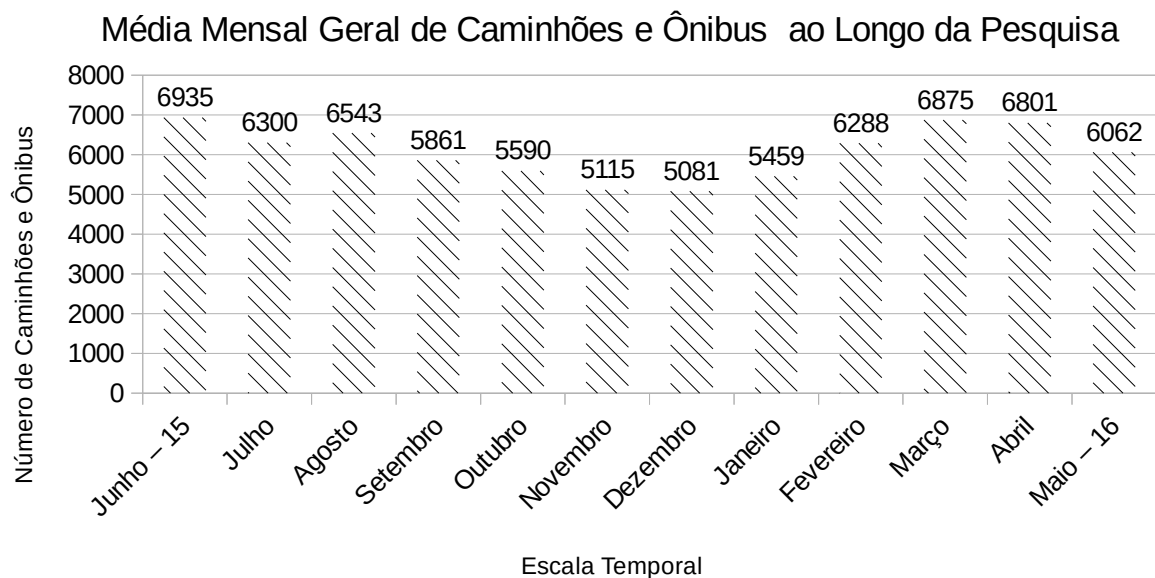
Em fevereiro, uma média de  $6288 \pm 1402$  veículos pesados passaram pela praça de pedágio da Ecovias em direção ao litoral paranaense. Neste mês trafegaram 182 354 ônibus e caminhões na planície litorânea.

Em média  $6875 \pm 1845$  veículos pesados trafegaram diariamente pelo litoral paranaense no mês de março de 2015, esta foi a maior média mensal no período que coincide com a avaliação da qualidade do ar no colégio São Francisco. Neste período passaram pela praça de pedágio 213 110 ônibus e caminhões.

No mês de abril, em média  $6801 \pm 1657$  caminhões e ônibus passaram pela praça de pedágio diariamente. Um total de 204 023 veículos pesados desceram a Serra do mar neste período.

Em maio, uma média de  $6062 \pm 1789$  veículos pesados passaram pela praça de pedágio da Ecovias em direção ao litoral paranaense. Neste mês trafegaram 187 928 ônibus e caminhões na planície litorânea (TABELA 8).

GRÁFICO 8 – MÉDIA MENSAL DE ÔNIBUS E CAMINHÕES NOS DIAS DE COLETAS



Média Mensal de Ônibus e Caminhões que trafegaram pela praça de pedágio da Ecovia nos dias de coletas. O eixo vertical representa o número de veículos pesados, o eixo horizontal representa a escala temporal que coincide com o período de amostragem feita no colégio São Francisco.

FONTE: O AUTOR (2017)

TABELA 8: MÉDIA MENSAL E TOTAL ABSOLUTO MENSAL DE VEÍCULOS PESADOS

Meses	Média mensal	Total
Junho	6935 ± 1678	208 040
Julho	6300 ± 1670	195 295
Agosto	6543 ± 1807	202 819
Setembro	5861 ± 1760	175 832
Outubro	5590 ± 1696	173 280
Novembro	5115 ± 1615	153 460
Dezembro	5081 ± 1808	157 521
Janeiro	5459 ± 1832	169 215
Fevereiro	6288 ± 1402	182 254
Março	6875 ± 1845	213 110
Abril	6801 ± 16 57	204 023

FONTE: DADOS OBTIDOS DA CONCESSIONÁRIA ECOVIA (2016)

#### 4.9 MÉDIA SAZONAL CAMINHÕES E ÔNIBUS

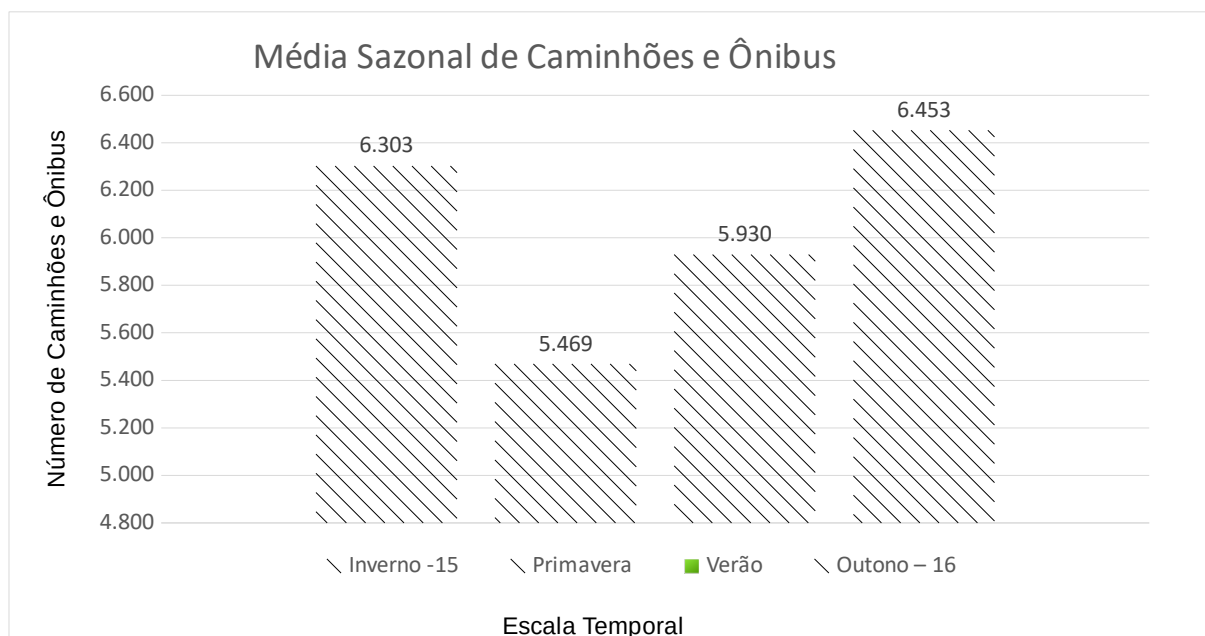
No inverno do ano de 2015, em média  $6303 \pm 1787$  veículos de grande porte trafegaram diariamente pelo litoral paranaense (GRÁFICO – 9). Neste período foi registrado que 592 463 ônibus e caminhões passaram pela praça de pedágio que dá acesso ao litoral.

Na primavera, em média  $5469 \pm 1604$  ônibus e caminhões desceram a serra do mar diariamente. Nesta estação trafegaram pela planície litorânea 497 713 veículos pesados.

No verão do ano de 2015 – 2016, em média  $5930 \pm 1872$  veículos de grande porte trafegaram diariamente pelo litoral paranaense. Neste período foi registrado que 527 810 ônibus e caminhões passaram pela praça de pedágio que dá acesso ao litoral.

No outono, em média  $6453 \pm 1841$  ônibus e caminhões desceram a serra do mar diariamente (GRÁFICO – 9). Nesta estação trafegaram pela planície litorânea 464 602 veículos pesados.

GRÁFICO 9 – MÉDIA SAZONAL DE ÔNIBUS E CAMINHÕES

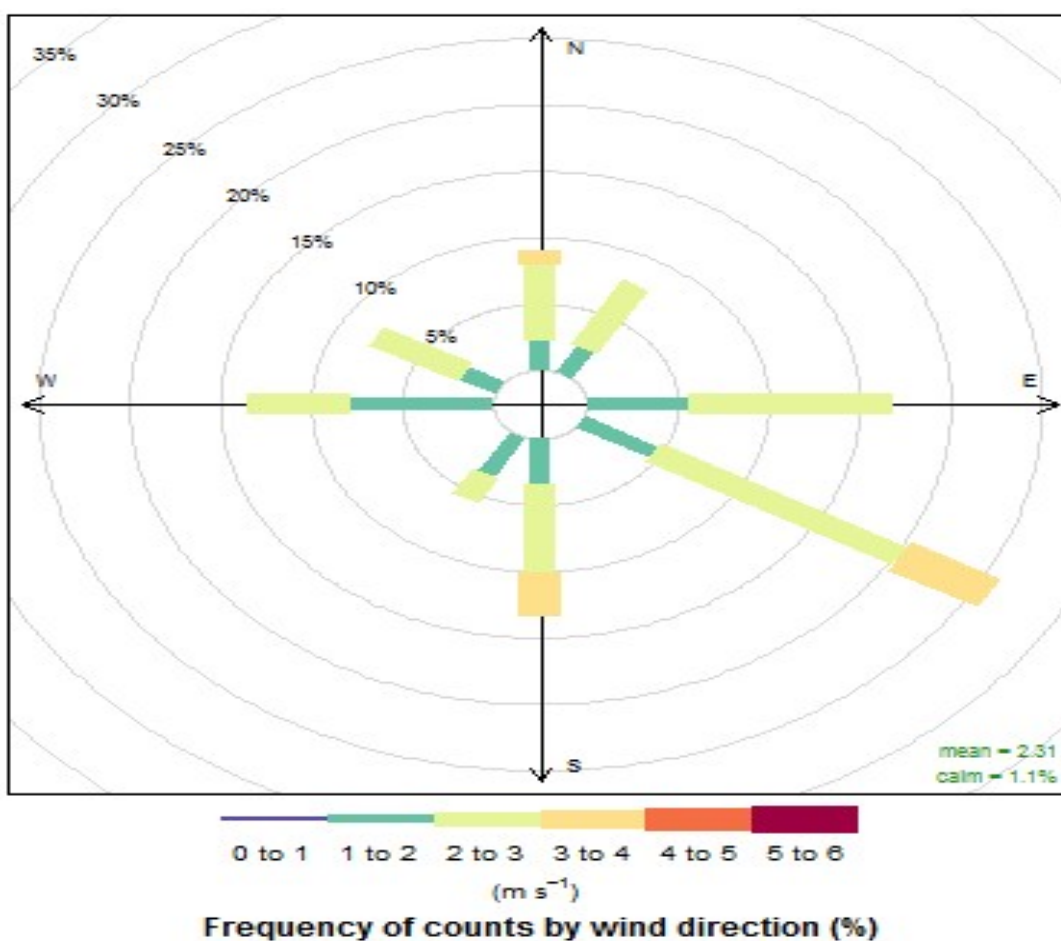


Média Sazonal de Ônibus e Caminhões que trafegaram pela praça de pedágio da Ecovias. O eixo vertical representa o número de veículos pesados, o eixo horizontal representa a escala temporal que coincide com o período de amostragem feita no colégio São Francisco.

#### 4.10 ROSA DOS VENTOS NO PERÍODO AMOSTRAL PARA AMÔNIA E DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

Utilizando os dados meteorológicos (direção do vento e velocidade do vento) foi feito o gráfico de *windrose* (Rosa dos ventos) através do aplicativo Open Air do software R.

GRÁFICO 10 – DIREÇÃO DO VENTO E VELOCIDADE DO VENTO NO PERÍODO AMOSTRAL



Direção do vento e velocidade do vento no período amostral. Este gráfico mostra a predominância na direção e velocidade do vento.

FONTE: GURGATZ (2017)



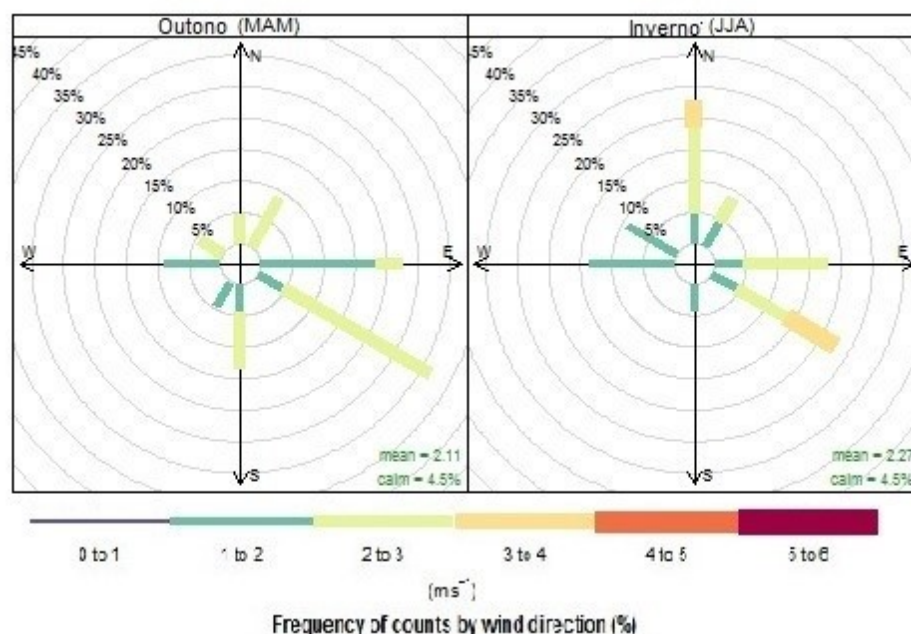
A seguinte rosa indica que a direção predominante dos ventos no período amostral na estação do Simepar foi: vento sul (10% a 15%), sudeste (25% a 30%) e leste (15% a 20%) (GRÁFICO 10). A soma das três direções influenciam o resultado de aproximadamente 60% das amostras de amônia e dióxido de nitrogênio.

Quando a velocidade e direção dos ventos são analisados para diferentes estações, temos o seguinte resultado:

#### 4.11 ROSA DOS VENTOS NAS ESTAÇÕES DO ANO

No outono houve a predominância dos ventos sul (10% a 15%), sudeste (30% a 35%) e leste (20% a 25%). A soma das três direções influenciaram o resultado de aproximadamente 60% das amostras para esta estação. No inverno houve a predominância do vento norte (20% a 25%), sudeste (20% a 25%) e leste (15% a 20%) (GRÁFICO 11). A soma das três direções influenciaram o resultado de aproximadamente 50% das amostras para esta estação.

GRÁFICO 11 – DIREÇÃO DO VENTO E VELOCIDADE DO VENTO NO OUTONO E INVERNO

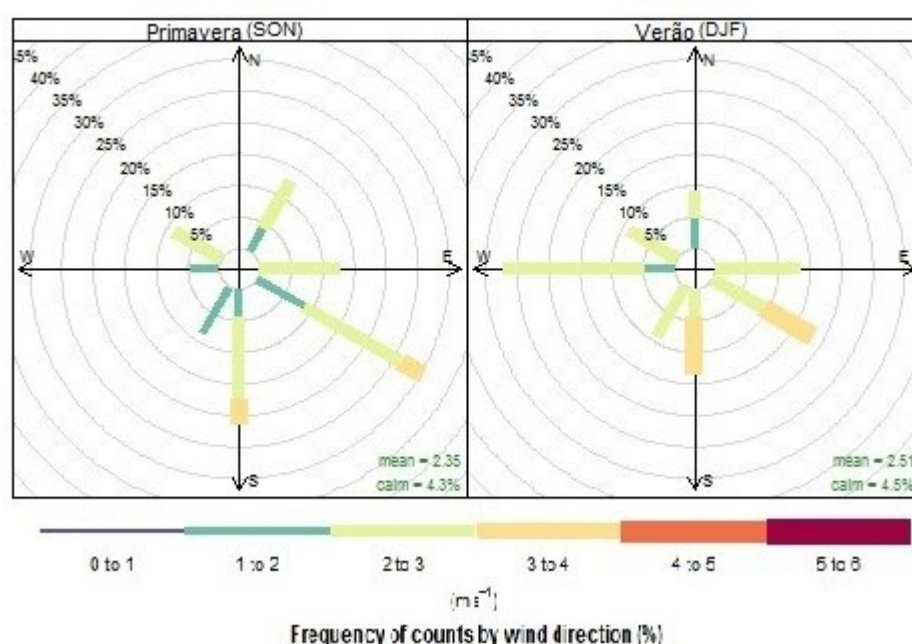


Direção do vento e velocidade do vento em porcentagem. Este gráfico mostra a predominância na direção e velocidade do vento para o outono e inverno.

FONTE : GURGATZ (2017)

Na primavera houve a predominância dos ventos sudeste (30%), sul (20% a 25%) e leste (10% a 15%). A soma das três direções influenciaram o resultado de aproximadamente 60% das amostras para esta estação. No verão houve a predominância dos ventos oeste (25% a 30%), sudeste (15% a 20%) e sul (10% a 15%) (GRÁFICO 12). A soma das três direções influenciaram o resultado de aproximadamente 50% das amostras para esta estação.

GRÁFICO 12 – DIREÇÃO DO VENTO E VELOCIDADE DO VENTO NA PRIMAVERA E VERÃO



Direção do vento e velocidade do vento em porcentagem. Este gráfico mostra a predominância na direção e velocidade do vento para a primavera e verão.

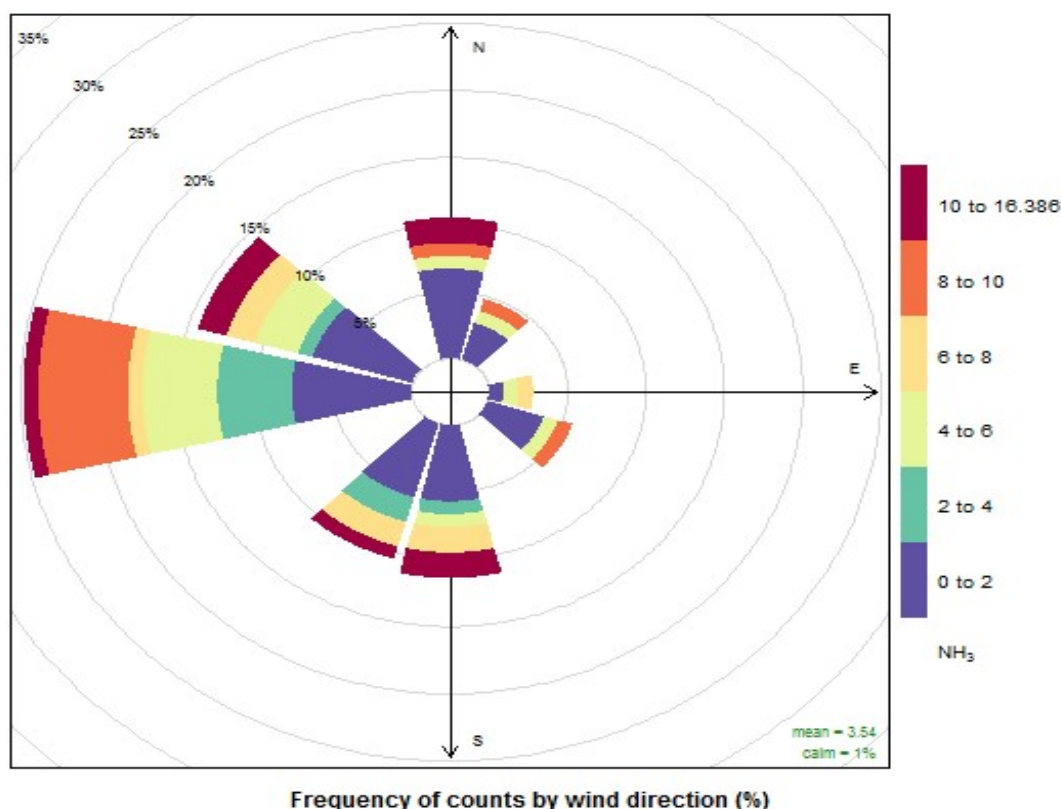
FONTE : GURGATZ (2017)

#### 4.12 ROSA DA POLUIÇÃO PARA AMÔNIA

Utilizando os dados meteorológicos (direção do vento e velocidade do vento) e resultados de concentração de poluente obtidos com as coletas, através do aplicativo *Open Air* do software R, produzimos uma rosa da poluição, onde é possível observar o comportamento do poluente  $NH_3$  e  $NO_2$  no período amostrado. Para o poluente  $NH_3$ , no período amostrado, foi registrado predominância do vento oeste, que influenciou o resultado de aproximadamente 20 à 25% das coletas, em que as concentrações predominantes variaram entre 8 à 10  $\mu g/m^3$ . Em seguida, foi

registrado a predominância do vento noroeste, que influenciou o resultado de aproximadamente 10 à 15% do total amostrado, em que as concentrações predominantes variaram entre zero à 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Também foi registrado a predominância do vento norte, que influenciou o resultado de aproximadamente 10 à 15% das coletas, em que as concentrações predominantes variaram entre zero à 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . A predominância do vento sul, influenciou o resultado e aproximadamente 15% a 20%, em que as concentrações variaram entre zero a 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . O vento sudoeste foi responsável pelo resultado de 15% a 20% das amostras, em que as concentrações variam entre zero a 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estas 5 direções explicam o resultado de aproximadamente 70% das amostras (GRÁFICO 13).

GRÁFICO 13: ROSA DA POLUIÇÃO PARA  $\text{NH}_3$ .

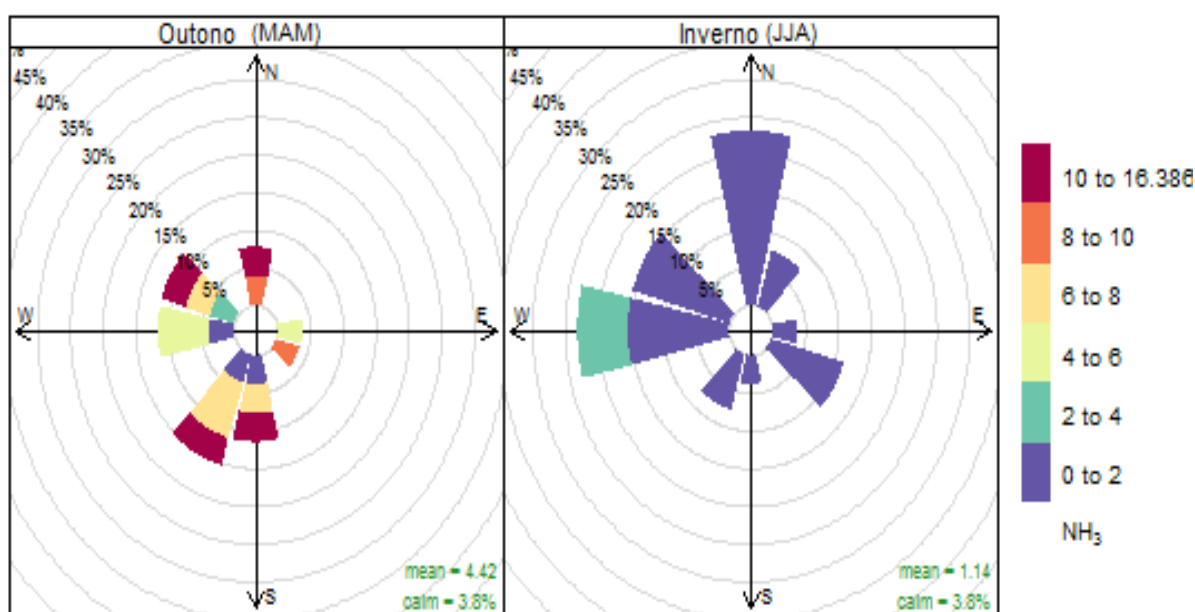


Rosa da poluição para  $\text{NH}_3$ . gráfico gerado à partir dos resultados de concentração de  $\text{NH}_3$  em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , tabulado com a direção dos ventos. Este gráfico está em porcentagem e mostra a predominância dos ventos e sua influência para os resultados das amostragens.

FONTE: GURGATZ (2017)

No outono, o vento sul, noroeste e sudoeste foram predominantes, influenciando o resultado de aproximadamente 25% das amostras para esta estação. No de inverno, foi registrado a predominância do vento sudeste, norte e noroeste, influenciando o resultado de aproximadamente 45% do total amostrado (GRÁFICO 14).

GRÁFICO 14 – ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA AMÔNIA – OUTONO E INVERNO



Frequency of counts by wind direction (%)

Gráfico gerado a partir dos resultados de concentração de NH<sub>3</sub> em µg/m<sup>3</sup>, levando em conta o outono e inverno, tabulado com a direção dos ventos. Este gráfico está em porcentagem e mostra a predominância dos ventos e sua influência para os resultados das amostragens.

FONTE : GURGATZ (2017)

Na primavera, o vento oeste, noroeste e sul foram predominantes, influenciando o resultado de o resultado de aproximadamente 55% do total amostrado. No verão, o vento oeste, sul e sudoeste foram predominantes, influenciando o resultado de aproximadamente 55% do total amostrado (GRÁFICO 15).

GRÁFICO 15 – ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA AMÔNIA – PRIMAVERA E VERÃO

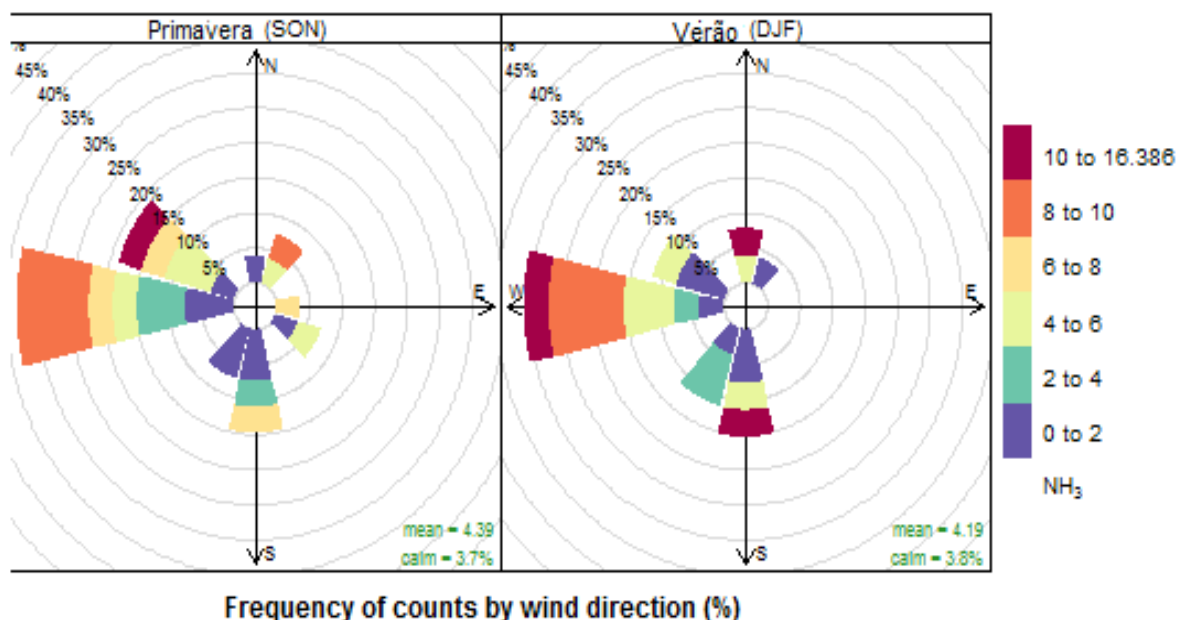
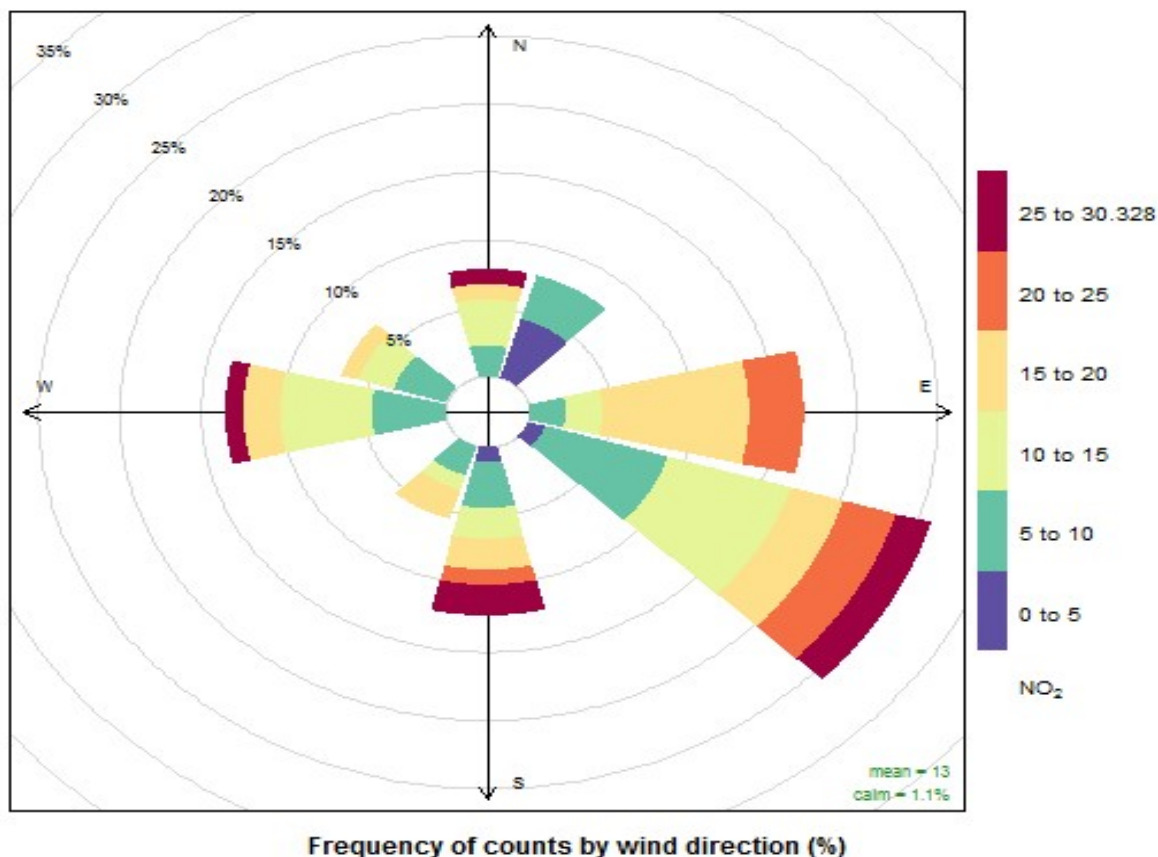


Gráfico gerado a partir dos resultados de concentração de  $\text{NH}_3$  em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , levando em conta a primavera e verão, tabulado com a direção dos ventos. Este gráfico está em porcentagem e mostra a predominância dos ventos e sua influência para os resultados das amostragens.

FONTE : GURGATZ (2017)

#### 4.13 ROSA DA POLUIÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

Para o poluente  $\text{NO}_2$ , no período amostrado, foi registrado a predominância do vento sudeste, influenciando o resultado de aproximadamente 25% à 30% do total amostrado, em que as concentrações predominantes estiveram entre 10 à 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (GRÁFICO 16). Em seguida, foi registrado a predominância do vento leste, influenciando o resultado de aproximadamente 20% à 25% do total amostrado, em que as concentrações predominantes estiveram entre 15 e 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Também foi registrado a predominância do vento sul, influenciando o resultado de aproximadamente 10-15% do total amostrado, em que as concentrações predominantes estiveram entre 0,5 e 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

GRÁFICO 16: ROSA DA POLUIÇÃO PARA NO<sub>2</sub>.

Rosa da poluição para NO<sub>2</sub>. Gráfico gerado à partir dos resultados de concentração de NO<sub>2</sub> em µg/m<sup>3</sup>, tabulado com a direção dos ventos. Este gráfico está em porcentagem e mostra a predominância dos ventos e sua influência para os resultados das amostragens.

FONTE : GURGATZ (2017)

#### 4.14 ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

No outono, o vento sul, sudeste e leste foram predominantes, influenciando o resultado de aproximadamente 60% das amostras para esta estação. No de inverno, foi registrado a predominância do vento sudeste, norte e leste, influenciando o resultado de aproximadamente 50% do total amostrado (GRÁFICO 17).

GRÁFICO 17 – ROSA DA POLUIÇÃO DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO – OUTONO E INVERNO

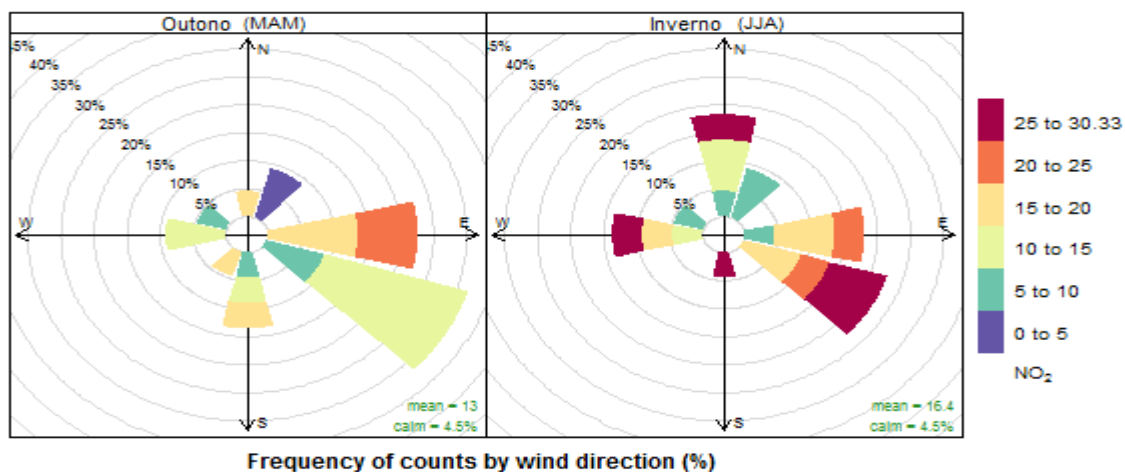


Gráfico gerado a partir dos resultados de concentração de NO<sub>2</sub> em µg/m<sup>3</sup>, levando em conta o outono e inverno, tabulado com a direção dos ventos. Este gráfico está em porcentagem e mostra a predominância dos ventos e sua influência para os resultados das amostragens.

FONTE : GURGATZ (2017)

Na primavera, o vento sudeste, sul e nordeste foram predominantes, influenciando o resultado de o resultado de aproximadamente 60% do total amostrado. No verão, o vento oeste, sudeste e leste foram predominantes, influenciando o resultado de o resultado de aproximadamente 50% do total amostrado (GRÁFICO 18).

GRÁFICO 18 – ROSA DA POLUIÇÃO DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO – PRIMAVERA E VERÃO

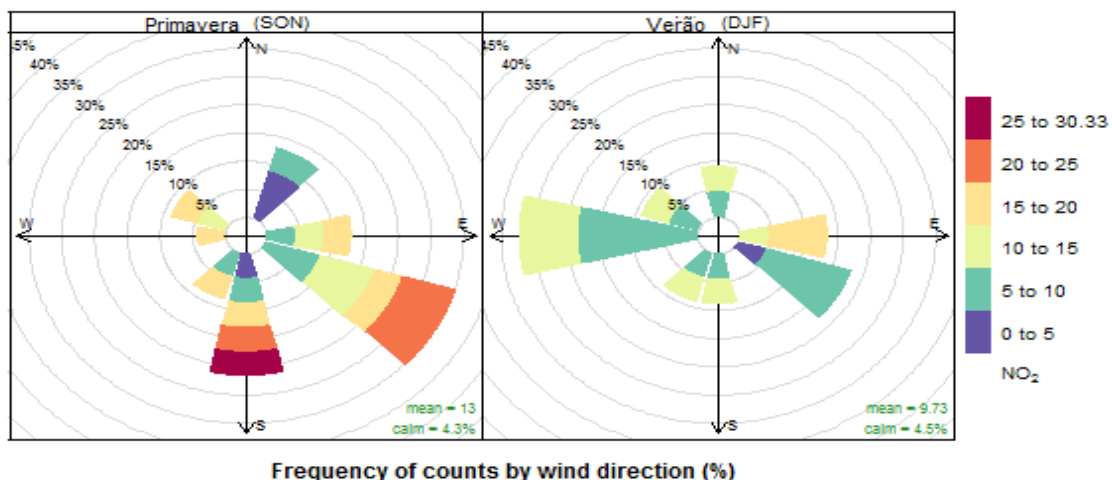


Gráfico gerado a partir dos resultados de concentração de NO<sub>2</sub> em µg/m<sup>3</sup>, levando em conta a primavera e verão, tabulado com a direção dos ventos. Este gráfico está em porcentagem e mostra a predominância dos ventos e sua influência para os resultados das amostragens.

FONTE : GURGATZ (2017)



## 5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1 RESULTADOS DO DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

Sobrepondo o gráfico da rosa da poluição com o mapa em que são destacados as potenciais fontes de poluentes próximos ao ponto de amostragem, percebe-se que a maior porcentagem da poluição que incidem sobre o local de amostragem, são provenientes da Avenida Ayrton Senna da Silva (FIGURA 9).

FIGURA 9: RELAÇÃO ENTRE FONTES POLUIDORAS E DIREÇÃO DO VENTO

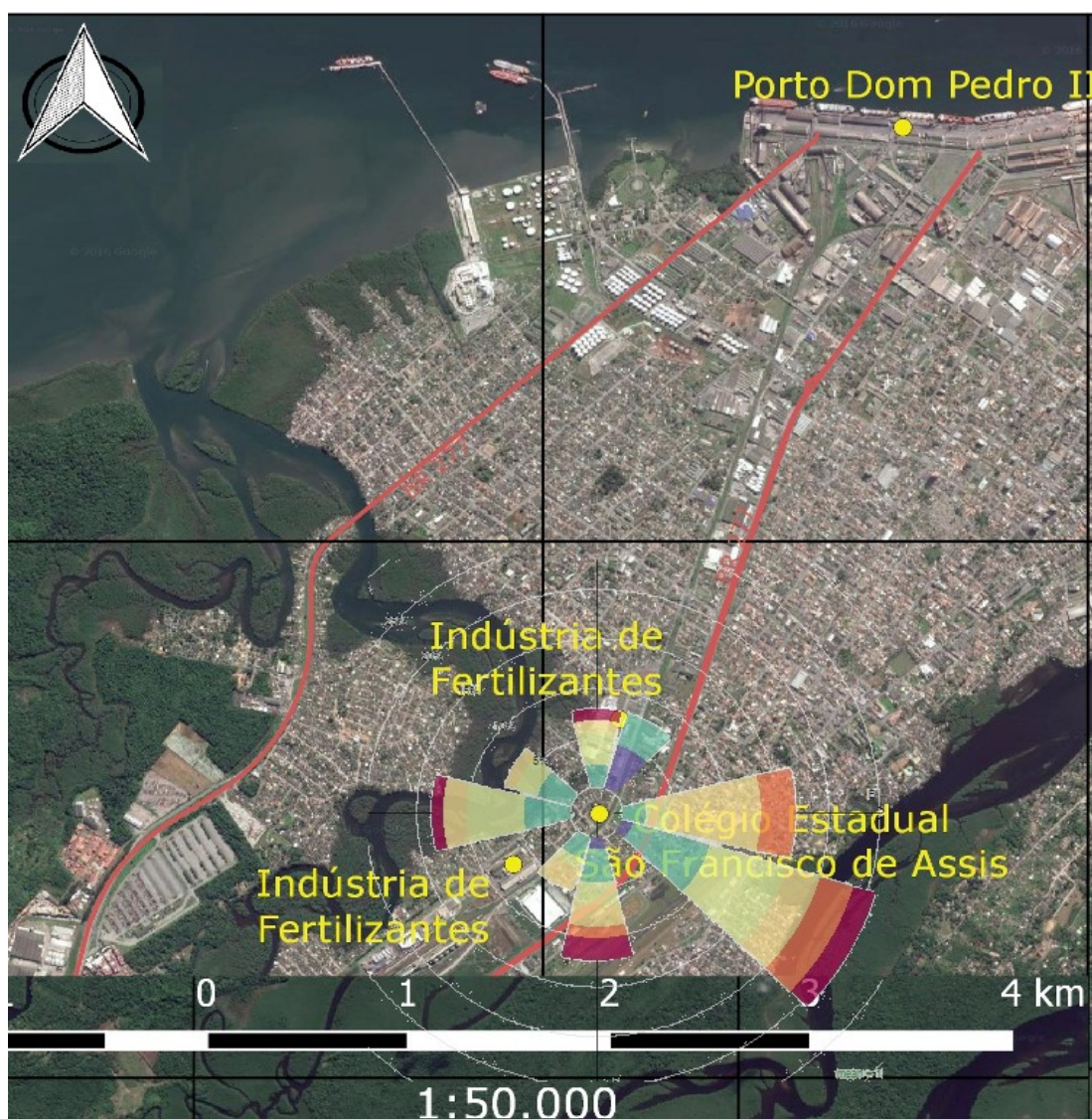


Gráfico da rosa da poluição anual para dióxido de nitrogênio, sobreposto ao mapa de localização do ponto de amostragem e potenciais fontes do poluente  $\text{NO}_2$ .

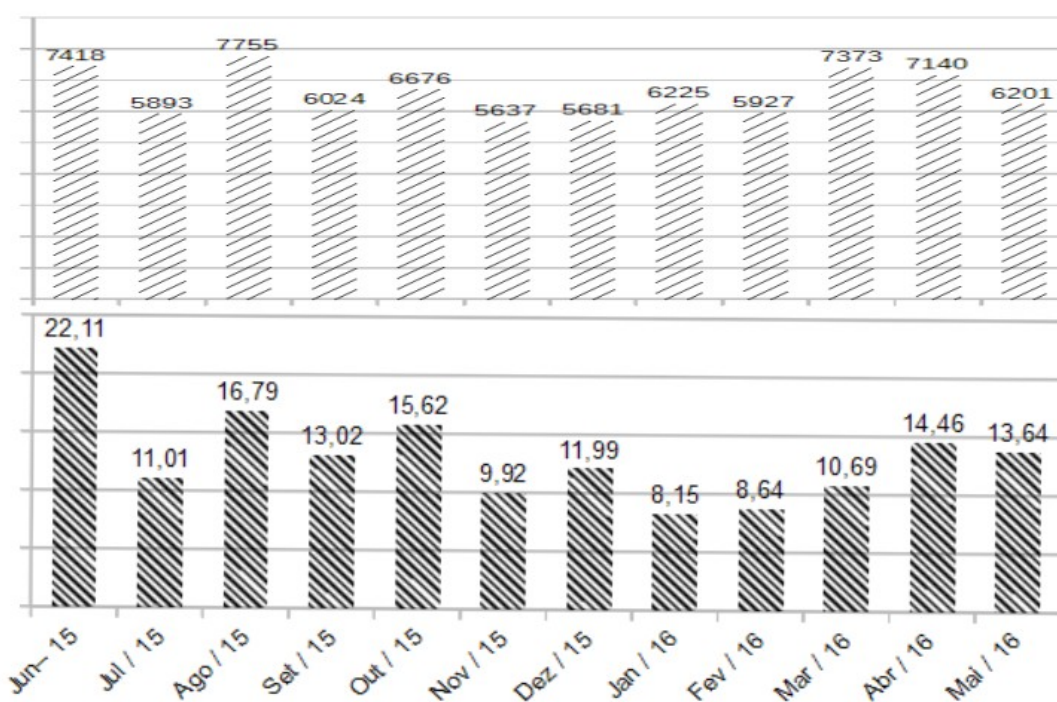
FONTE: GURGATZ (2017)



Nesta avaliação os resultados não fugiram ao padrão de outras pesquisas, pois conforme descrito na revisão bibliográfica, vários pesquisadores constataram uma estreita relação entre a emissão de dióxido de nitrogênio e transportes, por exemplo: Ilyas (2007) relata que o transporte é responsável por cerca de 50% da emissão de óxidos de nitrogênio ao redor do mundo. Khwaja e Khan (2005) estimam que mais de 70% da emissão de  $\text{NO}_2$  é proveniente do transporte, aliadas as usinas e indústrias no Paquistão. Zbieranowski e Aherne (2012) estimaram, que o tráfego emite 70% de  $\text{NO}_x$  em Londres, sendo que a maior porcentagem é proveniente de ônibus (28%) seguido pelos táxis (21%).

Comparando o gráfico de média mensal de veículos pesados que passaram pela praça de pedágio da Ecovia, nos dias de amostragem, com a média mensal da concentração de dióxido de nitrogênio, vemos algumas semelhanças. Entre os meses de junho até novembro do ano de 2015, existe uma alternância entre altas e quedas tanto para o tráfego quanto para a média mensal de  $\text{NO}_2$ . Quando houve um aumento na média do tráfego nos meses de março, abril e maio do ano de 2016, também houve aumento na média mensal da concentração de  $\text{NO}_2$  para este período (FIGURA 10).

FIGURA 10: COMPARAÇÃO ENTRE A MÉDIA MENSAL DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA MENSAL DE  $\text{NO}_2$

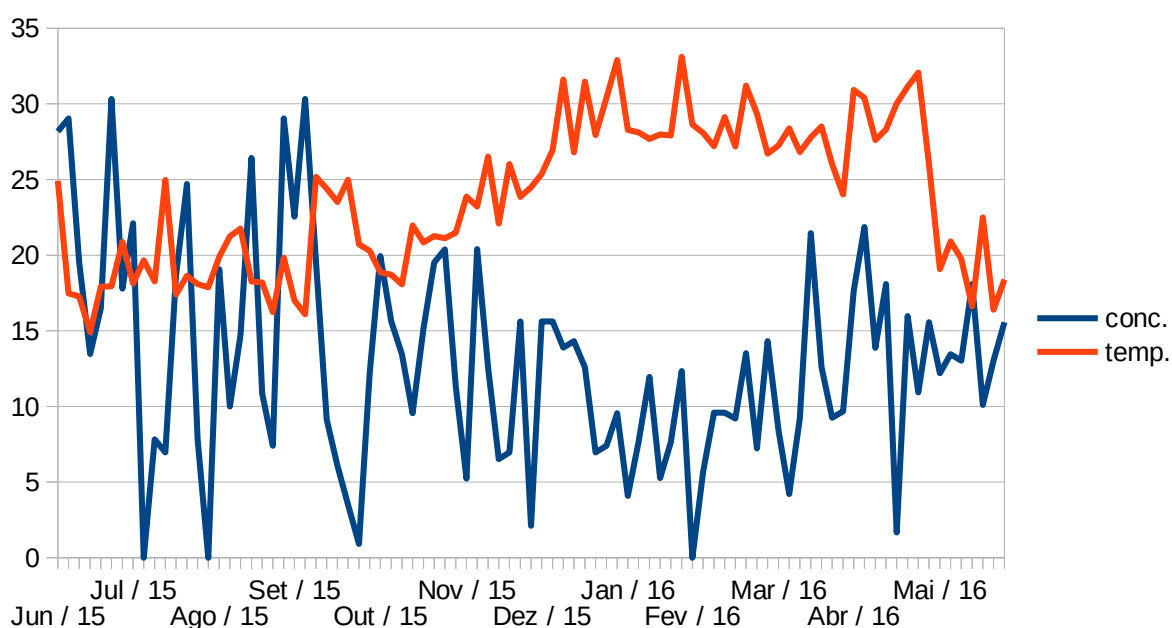


Comparação da média mensal de veículos (caminhão e ônibus) nos dias de amostragem e média mensal de dióxido de nitrogênio, respectivamente. O eixo y representa o número de veículos pesados no gráfico de cima e representa a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  no gráfico de baixo. O eixo x representa a escala temporal em meses ao longo da pesquisa.

FONTE: O AUTOR (2017)

Comparando a temperatura nos dias de amostragem com a concentração de dióxido de nitrogênio, entre os meses de junho até outubro de 2015, não se percebe alguma relação entre essas duas variáveis. No entanto, elas apresentam tendências opostas entre os meses de novembro de 2015 até maio de 2016 (GRÁFICO 19).

GRÁFICO 19 – RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE  $\text{NO}_2$  AO LONGO DA PESQUISA.



Relação entre a temperatura nos dias de amostragem e concentração de dióxido de nitrogênio. O eixo y representa tanto a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e temperatura em  $^{\circ}\text{C}$ . O eixo x representa a escala temporal.

FONTE: O AUTOR (2017)

Esta relação é descrita na bibliográfica, isto pode ser visto em resultados de pesquisas ao redor do mundo: Malik e Tauler (2015) relataram que em uma pesquisa realizada em Barcelona, foi observado um padrão similar no turno da manhã e tarde de emissão do dióxido de nitrogênio, no entanto, durante a noite até a manhã do outro dia, maiores concentrações de  $\text{NO}_2$  foram vistas, significando que baixa temperatura pode contribuir para maior formação deste poluente e vice-versa; em outra pesquisa, desta vez realizada em Seul na Coreia do sul, Phan et al (2013) também afirma que foi confirmado que o  $\text{NO}_2$  teve maior concentração no período da

noite; o mesmo foi registrado na Grécia. Segundo Varotsos et al (2013) constatou-se que os maiores picos ocorrem durante 7 h e 9 h e 21 h e 23 h, período em que a temperatura e incidência solar são menores; esta relação entre poluentes e variáveis meteorológicas, também foi registrada em uma pesquisa na Cidade de Canoas e Esteio, no Brasil, entre os anos de 2006 a 2009, em que óxidos de nitrogênio (principalmente NO<sub>2</sub>) exibiram uma negativa correlação ( $p < 0,5$ ) com a temperatura (AGUDELO–CASTANEDA; CALESSO TEIXEIRA; NORTE PEREIRA, 2014).

## 5.2 MÉDIA ANUAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

A média anual, levando em conta as amostragens feitas ao longo da pesquisa no colégio São Francisco, é de  $12,9 \pm 7,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este resultado, comparado aos resultados encontrados em pesquisas realizadas ao redor do mundo, foi maior ao encontrado na cidade de Ontário no Canadá, entre os anos de 2010 a 2011, que foi de  $5,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . No entanto, o resultado obtido em Paranaguá para NO<sub>2</sub> ficou próximo ao encontrado na cidade de Kyushu no Japão, com média de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em Sarajevo, na Bósnia, também foi encontrada uma concentração próxima ao encontrado na cidade portuária, com média anual de  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Quando a média anual de dióxido de nitrogênio, feita na maior cidade portuária do Paraná, é comparada com outras cidades a diferença torna-se maior, por exemplo: em Barcelona, na Espanha, com média anual de  $63,4 \pm 30,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; no Cairo, capital do Egito, foi encontrada uma média anual de  $64,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e em Londres, no Reino Unido, a média anual foi  $60,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (TABELA 9)

Na cidade de Paranaguá, no ano de 2014, foi realizada uma pesquisa em um Colégio Estadual. A instituição se encontra em meio ao complexo portuário e industrial de empresas que trabalham com produção, armazenamento e mistura de fertilizantes. A concentração média anual obtida foi de  $27,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esse resultado foi maior em relação ao obtido nessa presente avaliação, provavelmente pelo intenso fluxo de caminhões que trafegam próximo aquele colégio. Por isso podemos supor que em Paranaguá as concentrações do dióxido de nitrogênio variam na proporção em que um ponto de amostragem está próximo ou longe de uma potencial fonte poluidora.

TABELA 9: – MÉDIA ANUAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO EM ALGUMAS CIDADES AO REDOR DO MUNDO

País	Cidade	Período	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Referências
Bósnia	Sarajevo	2005	26	Habes et al, 2013
Espanha	Barcelona	2010-2012	$63,4 \pm 30,3$	Malik e Tauler, 2015
Egito	Cairo	2009-2010	64,55	Hassan et al, 2012
China	Lanzhou Valley	----- -----	41	Ta et al, 2004 citado por Hassan et al, 2012
Índia	Kolkata	-----	32.5	Gupta et al, (2008)
Japão	Kyushu	-----	16	Chiwa (2010)
Canadá	Ontário	2010-2011	5,75	Zbieranowski e Aherne, 2013
Reino unido	Londres	2011-2012	60,4	Guerriero et al, 2016
Brasil	Paranaguá *	2014	27,18	Foroni (2015)
<b>Brasil</b>	<b>Paranaguá</b>	<b>2015-2016</b>	<b><math>12,9 \pm 7,41</math></b>	<b>Presente trabalho</b>

\*As coletas foram realizadas no Colégio Estadual Localizado na Av. Gabriel de Lara, 1377, Bairro Industrial, Paranaguá, Paraná.

FONTE: O AUTOR (2016)

As principais fontes de emissão no inverno para  $\text{NO}_2$  são provenientes da Avenida Ayrton Senna da Silva e Av. Senador Atílio Fontana, conforme descreve a rosa da poluição sobreposto ao mapa das principais fontes de emissão (FIGURA 12).

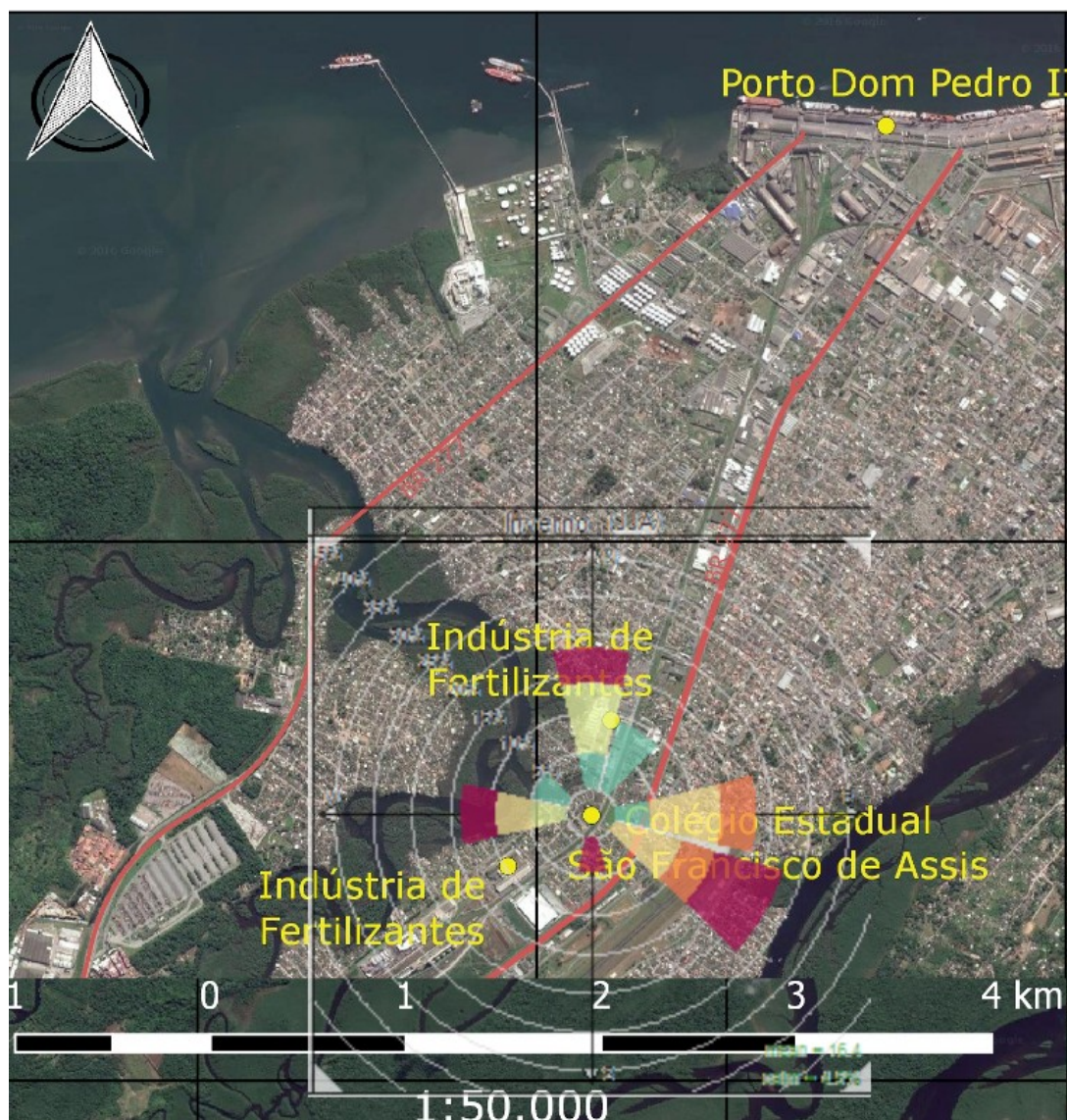
FIGURA 11: GRÁFICO DA ROSA DA POLUIÇÃO SAZONAL PARA NO<sub>2</sub>

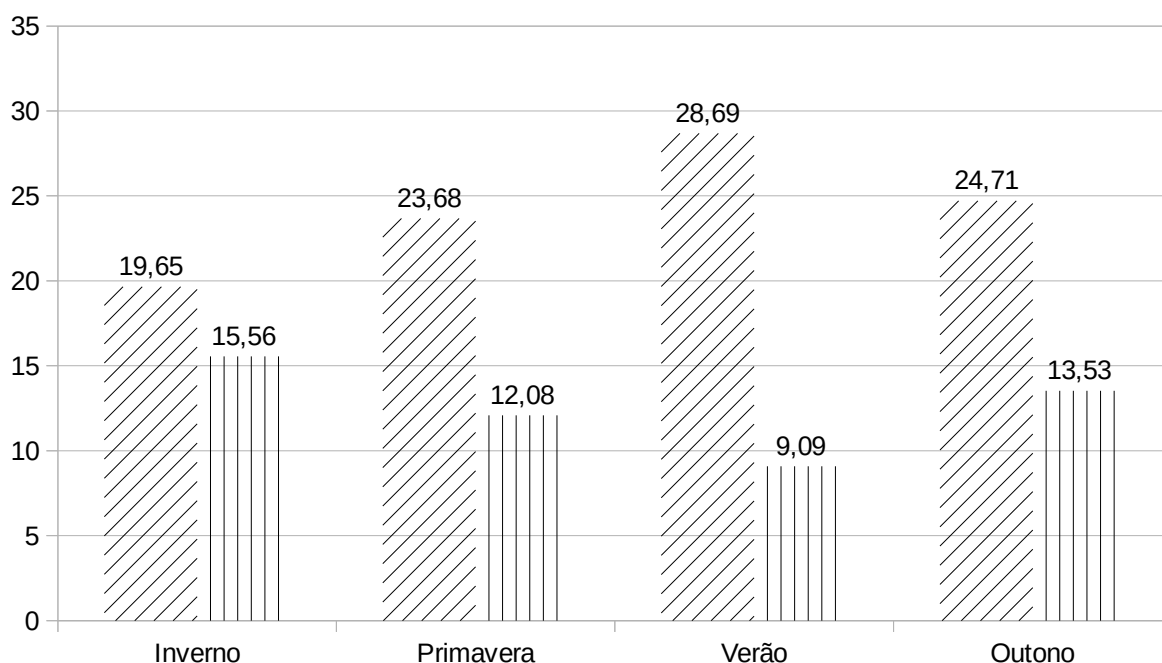
Gráfico da rosa da poluição sazonal, sobreposto ao mapa de localização do ponto de amostragem e potenciais fontes dos poluentes NH<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>.

FONTE : GURGATZ (2017)

A média sazonal de dióxido de nitrogênio foi maior no inverno, a concentração encontrada nesta estação foi  $15,56 \pm 9,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Comparando a média sazonal da temperatura nos dias amostrados com a média sazonal de dióxido de nitrogênio, elas apresentaram tendências opostas entre as estações do inverno, primavera e verão (GRÁFICO 20). No inverno foi obtida a menor média sazonal da

temperatura, no entanto nesta estação obtivemos a maior média sazonal de  $\text{NO}_2$ . No verão foi registrada a maior média sazonal para a temperatura, porém foi registrada a menor média sazonal de  $\text{NO}_2$  (GRÁFICO 20).

GRÁFICO 20 – RELAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DA TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.



Relação da média sazonal da temperatura nos dias de amostragem e concentração de dióxido de nitrogênio, respectivamente. O eixo y representa a temperatura em  $^{\circ}\text{C}$  e a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . O eixo x representa a escala temporal.

FONTE: O AUTOR (2017)

Em várias pesquisas ao redor do mundo, conforme descrito na revisão bibliográfica, foram relatados que a estação em que há maior emissão de  $\text{NO}_2$  é o inverno, por exemplo: Hassan, El-abssawy e Khoder (2013) relataram em uma pesquisa realizada na cidade do Cairo no Egito, no período de 2009-2010, foi encontrada uma concentração de dióxido de nitrogênio maior no inverno em relação ao verão. Moodley, Singh e Govender (2011) afirmam que o mesmo padrão foi encontrado no Inverno de 2001 em Durban, África do sul, em que altas concentrações de dióxido de nitrogênio foram registradas no período do fim de maio



e no fim de julho. Castaneda et al (2014) relataram que na cidade de Canoas e Esteio, no Brasil, entre 2006 a 2009, o componente sazonal mostrou concentrações de NO, NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> acima da média durante o Inverno (QUADRO 3).

QUADRO 3: INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO EM ALGUNS PAÍSES.

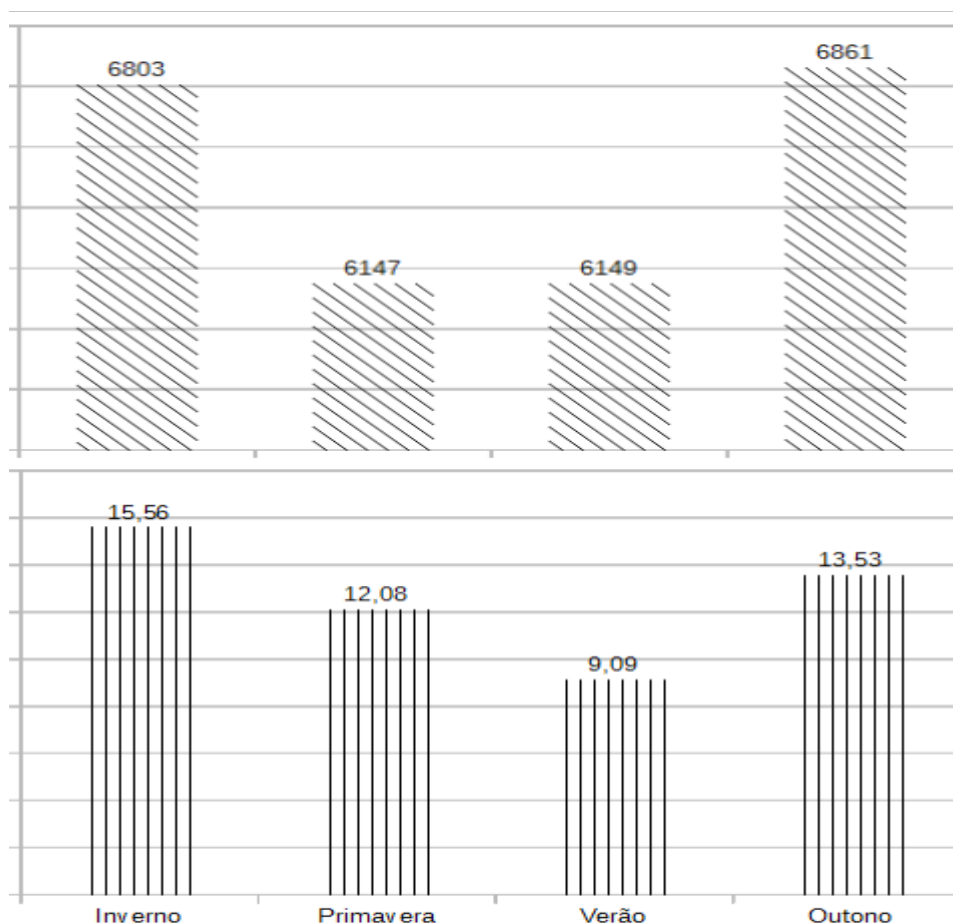
Este quadro mostra a relação entre cidades ao redor do mundo, que mostraram maior concentração de dióxido de nitrogênio no inverno, conforme descreve a bibliografia.

<b>Cidade</b>	<b>País</b>	<b>Estação com maior conc. de NO<sub>2</sub></b>	<b>Referências</b>
Cairo	Egito	Inverno	Hassan et al (2013)
Durban	África do sul	Inverno	Moodley et al (2011)
Ontário	Canadá	Outono e Inverno	Zbieranowski e Aherne (2012)
Canoas e Esteio	Brasil	Inverno	Agudelo-Castaneda (2014)
<b>Paranaguá</b>	<b>Brasil</b>	<b>Inverno</b>	<b>Presente trabalho</b>

FONTE: O AUTOR

Comparando a média sazonal de veículos pesados (caminhão e ônibus) nos dias de amostragem e a média sazonal de dióxido de nitrogênio, existe relação entre quedas e altas para as duas variáveis. Quando houve maior média sazonal de veículos no inverno de 2015 e outono de 2016, houve também maior média sazonal de dióxido de nitrogênio. Na primavera do ano de 2015 e verão no verão do ano de 2016, foram registradas as menores médias sazonais para veículos pesados, como também houve as menores médias sazonais para o dióxido de nitrogênio neste período. Provavelmente haja uma relação, entre o fluxo de caminhões e ônibus que trafegam pela praça de pedágio da ecovia, em direção ao litoral paranaense, e a concentração de dióxido de nitrogênio no ponto de amostragem (FIGURA 12).

FIGURA 12: COMPARAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DE VEÍCULOS (CAMINHÃO E ÔNIBUS) NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.



Comparação da média sazonal de veículos (caminhão e ônibus) nos dias de amostragem e média sazonal de dióxido de nitrogênio, respectivamente. O eixo y representa o número de veículos pesados no gráfico de cima e representa a concentração em µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> no gráfico de baixo. O eixo x representa a escala sazonal.

FONTE: O AUTOR (2017)

Foram feitas análises de regressão linear, correlação, análise fatorial e análise de componente principal (PCA), os resultados estão listados no apêndice 1. Entretanto não foram encontrados valores estatisticamente significantes para as análises das concentrações de NO<sub>2</sub> ao longo do período de pesquisa. Os resultados não permitiram inferir uma explicação que justifique a concentração a partir das variáveis que relacionamos. Algumas análises feitas mensalmente, apresentaram resultados estatisticamente significativos de correlação para algumas variáveis que estão destacadas no Apêndice 2. A provável causa da amônia não pode ser



identificada com um único fator, existem outros fatores que provavelmente podem explicar, por exemplo, emissão industrial e emissão da frota do município, mas não foram abordados neste trabalho.

### 5.3 RESULTADO DA AMÔNIA

Sobrepondo o gráfico da rosa da poluição com o mapa em que são destacados as potenciais fontes de poluentes próximos ao colégio São Francisco, percebe-se que a maior porcentagem da poluição que incidem sobre o local de amostragem, são provenientes da indústria de fertilizante. Estes estabelecimentos estão localizados ao oeste e ao norte do ponto de amostragem (FIGURA 13).

FIGURA 13: RELAÇÃO ENTRE FONTES POLUIDORAS E DIREÇÃO DO VENTO

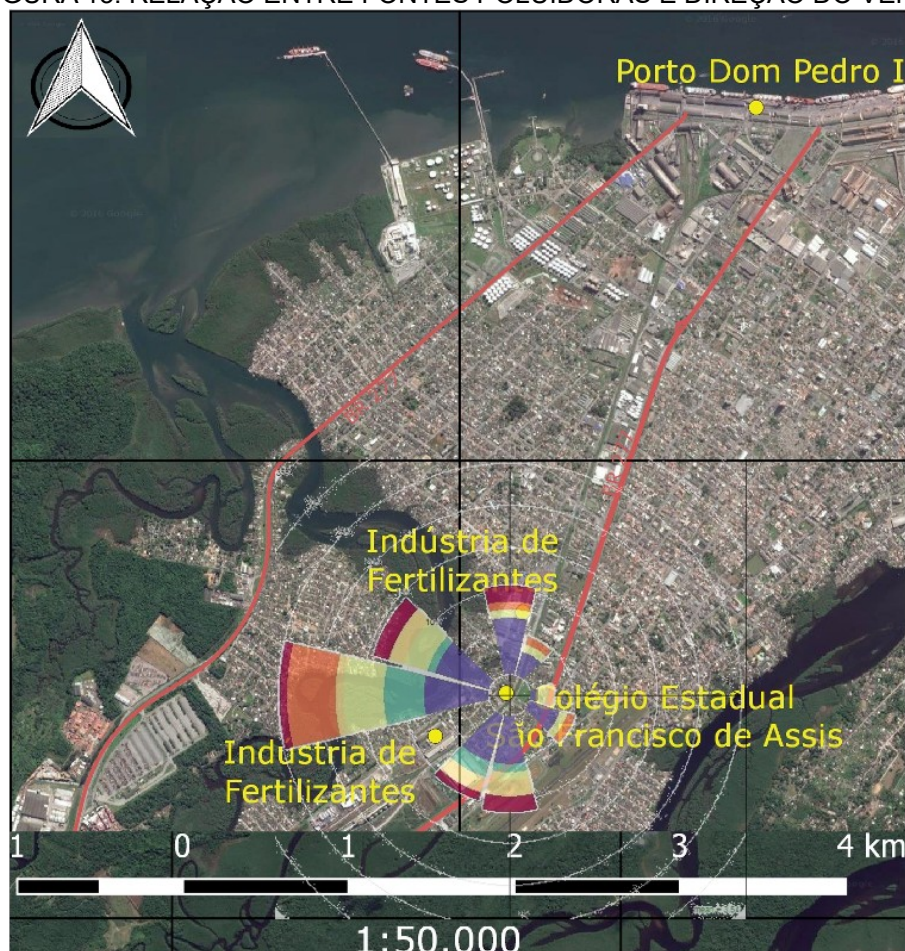


Gráfico da rosa da poluição anual, sobreposto ao mapa de localização do ponto de amostragem e potenciais fontes do poluentes  $\text{NH}_3$ .

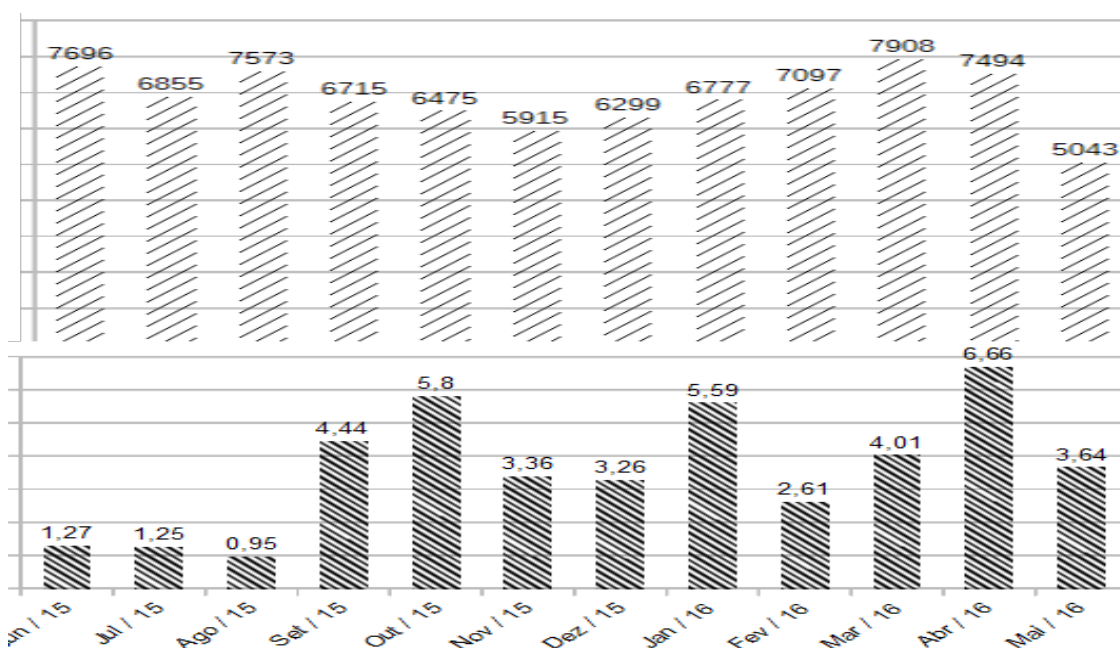
FONTE : GURGATZ (2017)

No entanto, nesta avaliação os resultados não fugiram ao padrão de outras pesquisas, pois conforme descrito na revisão bibliográfica, vários pesquisadores

constataram uma estreita relação entre a emissão de amônia e indústria de fertilizantes, por exemplo: segundo Krupa (2003) a maior fonte de amônia na atmosfera são os fertilizantes, isso se deve pelo processo com que eles são coletados, estocados e espalhados, sendo que a maior parte é composta de estrume líquido e sólido. Mozeto (2011) chegou a afirmar que, o uso do fertilizante na agricultura é responsável pela maior emissão antrópica deste gás na atmosfera devido a utilização de: ureia, bicarbonato de amônio, nitrato de amônio e sulfato de amônio; Van Aardenne et al (2001) constataram que 90% do total de amônia emitido na atmosfera é proveniente de fontes agrícolas; segundo Backes et al (2016<sup>a</sup>) um outro estudo revelou que 96% do total de amônia emitido na Europa é devido a gestão de resíduos orgânicos e fertilizantes de solos agrícolas, sendo que aquele é responsável por 53% e este por 43%. Lanniello et al (2010) relataram que na China 80 % da emissão de amônia é proveniente da agricultura, devido a excreção gasosa do gado e aplicação de fertilizante nitrogenado.

Comparando o gráfico de média mensal de veículos pesados que passaram pela praça de pedágio da Ecovia, nos dias de amostragem, com a média mensal da concentração de amônia, vemos pouca semelhança. Entre os meses de outubro de 2015 até Janeiro do ano de 2016, existe uma provável relação entre veículos pesados e média mensal de dióxido de nitrogênio (FIGURA 14).

FIGURA 14: COMPARAÇÃO ENTRE A MÉDIA MENSAL DO TRÁFEGO DE VEÍCULOS PESADOS NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA MENSAL DE NH<sub>3</sub>



Comparação da média mensal de veículos (caminhão e ônibus) nos dias de amostragem e média mensal de amônia, respectivamente. O eixo y representa o número de veículos pesados no gráfico de cima e representa a concentração em µg/m³ de NH<sub>3</sub> no gráfico de baixo. O eixo x representa a escala temporal em meses ao longo da pesquisa.

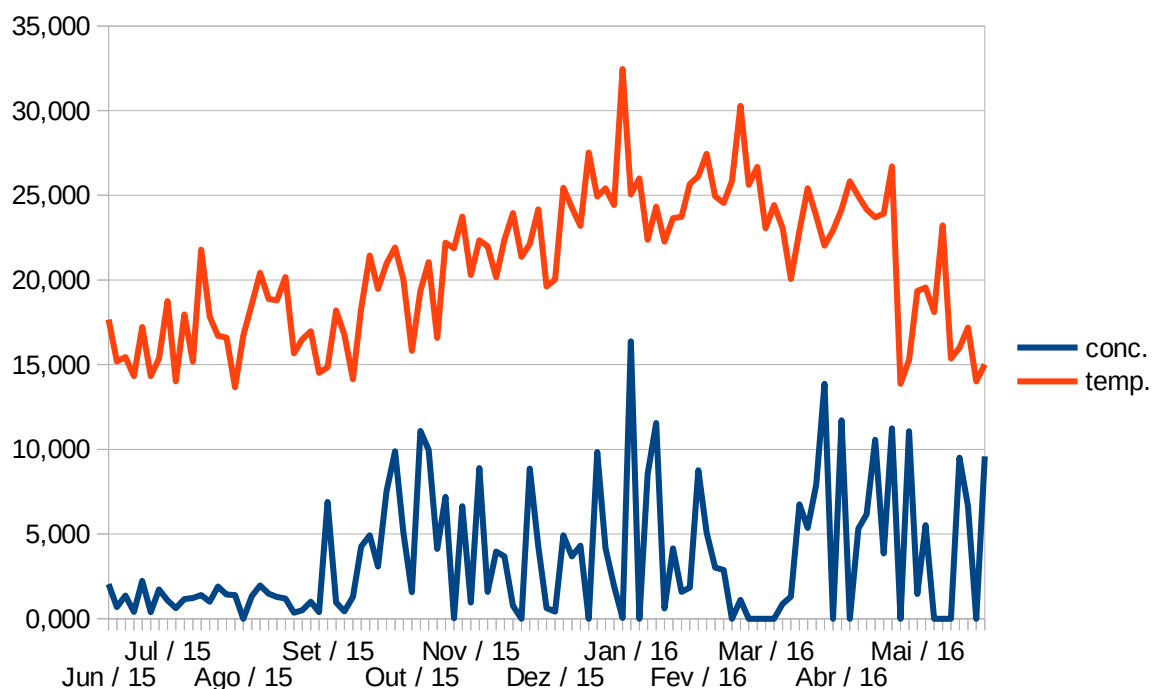
FONTE: O AUTOR (2017)

A bibliografia aponta que tanto o tráfego quanto indústrias de fertilizantes são responsáveis pela alta emissão de amônia na atmosfera, por exemplo: no Reino Unido, o setor de transporte contribui com 16% da emissão de amônia, sendo que grande parte é proveniente de carros pela catalise da gasolina (KEAN et al., 2009), isso se deve em grande parte devido a introdução de motores com conversores catalíticos de três vias, e como consequência os veículos têm sido responsáveis pelo aumento do nível de  $\text{NH}_3$  no meio urbano (LIN et al, 2006), principalmente, pela reação entre NO e H em que há uma combustão incompleta (RECHE et al., 2012). Pesquisas constataram que a alta da amônia foi frequentemente observada com picos de  $\text{CO}_2$ , sendo este poluente um bom marcador da exaustão do tráfego. (LI et al, citado por PHAN et al, 2012). Em Paranaguá, no verão, existe um tráfego menor de caminhões e navios em relação ao período chamado de safra, que se inicia no outono. Estima-se que aproximadamente 600 mil veículos de grande porte trafegaram pelas vias de Paranaguá nos meses de março, abril e maio no ano de 2016.

Comparando a temperatura nos dias de amostragem com a concentração de amônia, entre os meses de junho de 2015 até maio de 2016, apenas o mês de março não segue um padrão semelhante (GRÁFICO 21). Em todos os outros meses, quando houve um aumento na temperatura, houve também um aumento na concentração de amônia, porém não de forma regular. A bibliografia descreve que existe uma estreita relação entre a temperatura e a emissão de amônia na atmosfera, por exemplo: Zhou et al. (2015) relata que em uma pesquisa realizada na China, no ano de 2010, foi verificada uma boa relação entre a emissão de  $\text{NH}_3$  e temperatura, pois este gás está sujeito a lei de Henry, em que a temperatura é responsável pelo equilíbrio entre a fase aquosa e gasosa da amônia, por isso a emissão deste poluente tende a crescer com o aumento da temperatura (BACKES et al., 2016). No entanto, a temperatura está relacionada com a incidência solar, outra variável meteorológica, pois quanto maior for a incidência, consequentemente maior será a temperatura; por exemplo, segundo Lanniello et al (2010) em uma pesquisa feita em Pequim, constatou-se uma fraca mas significativa correlação linear entre  $\text{NH}_3$  e temperatura do ar considerando a concentração de amônia medida às 12 h, quando a incidência solar e a temperatura encontram o máximo valor. No entanto, a

estação do Simepar não nos forneceu dados de incidência solar, a justificativa foi que os dados da estação não são precisos.

GRÁFICO 21 – RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE  $\text{NH}_3$  AO LONGO DA PESQUISA.



Relação entre a temperatura nos dias de amostragem e concentração de Amônia. O eixo y representa tanto a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e temperatura em  $^{\circ}\text{C}$ . O eixo x representa a escala temporal.

FONTE: O AUTOR (2017)

#### 5.4 MÉDIA ANUAL DE AMÔNIA

A média anual para amônia no colégio São Francisco foi  $3,61 \pm 3,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este resultado foi maior comparado com várias médias anuais encontradas ao redor do mundo, por exemplo: em Pequim na China, e em Bangkok na Tailândia, foram encontradas uma média anual de  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em Nova Iorque, Delaware, Kinston de Morehead, nos Estados Unidos, foram encontradas médias anuais de  $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Em Gwangju na Coreia do Sul, e em Yokohama no Japão, foram encontradas uma média anual de  $2,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Na cidade de Aveiro em Portugal, e na cidade de Tessalônia na Grécia, foi encontrada uma média de  $3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente.

A média anual encontrada em Paranaguá ficou próximo aos resultados encontrados e algumas cidades, por exemplo: em Colorado, Nova Iorque e Clinton, nos Estados Unidos, foram obtidas médias anuais de  $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $4,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em Roma na Itália, foi encontrada uma média de  $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Em Paranaguá, no Brasil, foram encontradas médias anuais de  $5,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $5,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Quando a média anual de Amônia, feita na maior cidade portuária do Paraná, é comparada com outras cidades, a diferença torna-se maior, por exemplo: em Agra em Kampur, na Índia, foram obtidas médias anuais de  $17,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Na Cidade do México no México e na cidade do Cairo no Egito, foram obtidas médias anuais de  $17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente. Na Croácia foram obtidas médias anuais de  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $28,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (TABELA 10).

TABELA 10: MÉDIA ANUAL DE AMÔNIA EM ALGUMAS CIDADES AO REDOR DO MUNDO

País	Cidade	Período	Conc. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Referências
Canadá	Ontário	2010-2011	3,56	Zbieranowski e Aherne (2012)
Estado Unidos	Delaware	2000-2001	1,6	Scudlark et al, (2005)
Coréia do sul	Gwangju	-----	2,33	Gupta et al, (2008)
Estados Unidos	Colorado	-----	7	Day et al, (2012)
Croácia	-----	-----	45	Reche et al, (2012)
Egito	Cairo	2009	45	Hassan et al, (2013)
Estados Unidos	Nova Iorque	-----	3,5	Matsumoto e Okita, 1998 citado por Hassan et al, 2013.
Taiwan	-----	2002	8,3	Lin et al, (2006)
Portugal	Aveiro	1988-1989	3,1	Pio et al, 1991
Japão	Yokohama	1987-1991	1,6	Yamamoto et al 1995
Índia	Agra	1997-1998	10,8	Parmar et al,(2001)
Itália	Roma	2001-2002	3,7	Perrino et al, (2002)
Estado Unidos	Nova Iorque	1999-2000	4	Bari et al, (2001)
China	Pequim	1999-2001	0,6	Carmichael et al (2003)
Tailândia	Bankok	1999-2001	0,6	Carmichael et al (2003)
Estados Unidos	Clinton	2000	4,05	Walker et al,(2004)

<b>País</b>	<b>Cidade</b>	<b>Período</b>	<b>Conc. <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	<b>Referências</b>
Estados Unidos	Kinston	2000	2	Walker et al,(2004)
Estados Unidos	Morehead	2000	0,45	Walker et al,(2004)
Grécia	Tessalônica	2002-2003	2,3	Anatolaki e Tsitouridou (2007)
Croácia	-----	200-2002	28,95	Aleic-Juretic (2008)
México	Cidade do Mexico	2006	17,7	Fountoukis et al, (2009)
Índia	Kanpur	2007-2008	17,2	Behera e Sharma (2010)
Brasil *	Paranaguá	2013	5,33	Foroni (2015)
Brasil *	Paranaguá	2014	5,82	Foroni (2015)
<b>Brasil</b>	<b>Paranaguá</b>	<b>2015-2016</b>	<b>3,61 <math>\pm</math> 3,82</b>	<b>Presente trabalho</b>

\*As coletas foram realizadas no Colégio Estadual Localizado na Av. Gabriel de Lara, 1377, Bairro Industrial, Paranaguá, Paraná.

FONTE: O AUTOR (2016)

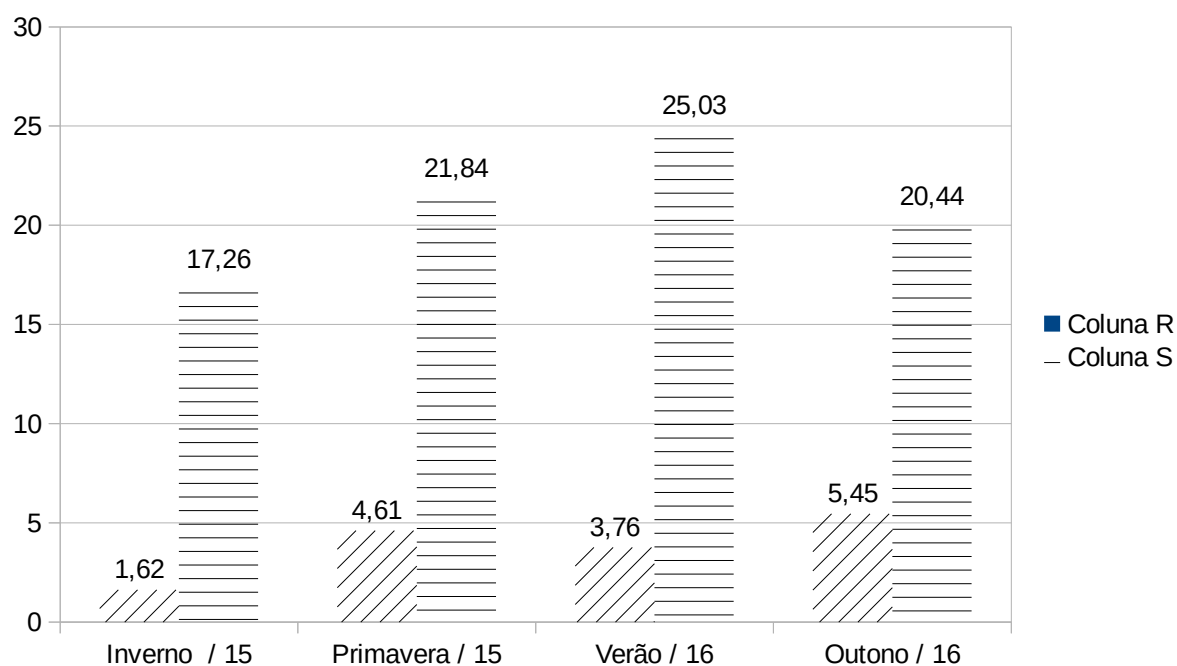
Na cidade de Paranaguá, no ano de 2014 e 2015, foi realizada uma pesquisa em um Colégio Estadual. A instituição se encontra em meio ao complexo portuário e industrial de empresas que trabalham com produção, armazenamento e mistura de fertilizantes. A concentração média anual obtida para o ano de 2014 e 2015 foi de 5,33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 5,82 respectivamente. Esses resultados foram maiores em relação ao obtido nessa presente avaliação, provavelmente devido à proximidade do colégio com um depósito de fertilizante. Por isso podemos supor que em Paranaguá as concentrações da amônia variam na proporção em que um ponto de amostragem está próximo ou longe de uma potencial fonte poluidora.

Comparando a média sazonal da temperatura nos dias amostrados com a média sazonal de Amônia, elas apresentaram poucas semelhanças (GRÁFICO 22). No inverno e primavera houve certa relação com a temperatura, pois na estação mais fria houve a menor média sazonal de amônia, como a temperatura foi maior na primavera foi registrado também maior concentração de amônia. No entanto, no verão e no outono não houve uma boa relação com a concentração sazonal de amônia, pois no verão foi registrada a maior média sazonal, no entanto a média de amônia para este período foi uma das menores, no outono foi registrada a maior



média sazonal de  $\text{NH}_3$ , porém nesta estação foi registrada uma das menores médias da temperatura nos dias de amostragem.

GRÁFICO 22 – RELAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DA TEMPERATURA NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA.

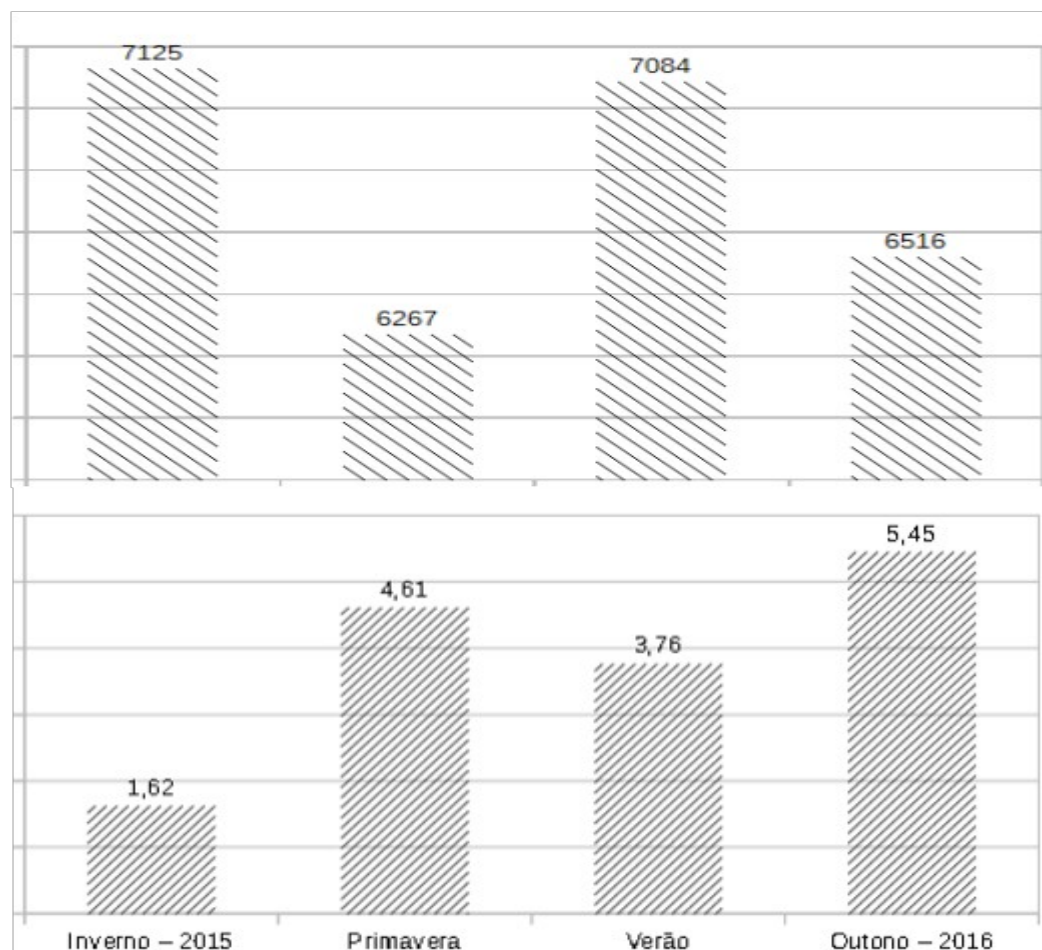


Relação da média sazonal da concentração de amônia e da temperatura nos dias de amostragem, respectivamente. O eixo y representa a temperatura em °C e a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . O eixo x representa a escala temporal.

FONTE: O AUTOR (2017)

Comparando a média sazonal de veículos pesados (caminhão e ônibus) nos dias de amostragem e a média sazonal de amônia, não existe boa relação entre essas duas variáveis. Quando houve maior média sazonal de veículos no inverno de 2015 e verão de 2016, houve menor média sazonal de amônia. Na primavera do ano de 2015 e outono do ano de 2016, foram registradas as menores médias sazonais para veículos pesados, no entanto houve as maiores médias sazonais para a amônia. Provavelmente haja pouca relação, entre o fluxo de caminhões e ônibus que trafegam pela praça de pedágio da ecovia, em direção ao litoral paranaense, e a concentração de amônia no ponto de amostragem (FIGURA 15).

FIGURA 15: COMPARAÇÃO DA MÉDIA SAZONAL DE VEÍCULOS (CAMINHÃO E ÔNIBUS) NOS DIAS DE AMOSTRAGEM E MÉDIA SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO.



Comparação da média sazonal de veículos (caminhão e ônibus) nos dias de amostragem e média sazonal de amônia, respectivamente. O eixo y representa o número de veículos pesados no gráfico de cima e representa a concentração em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NH}_3$  no gráfico de baixo. O eixo x representa a escala sazonal.

## 5.5 MÉDIA SAZONAL DE AMÔNIA

A maior média sazonal de amônia foi obtida no outono, entre os meses de março, abril e maio, um valor de  $5,45 \pm 4,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . No entanto, a bibliografia aponta que as maiores médias sazonais são obtidas no verão, por exemplo: Day et al (2012), explica que no verão e primavera a incidência da radiação solar é maior, elevando assim a temperatura e possibilitando o aumento do processo fotoquímico.



Lanniello et al (2010) relata que em uma pesquisa realizada em Pequim, constatou-se que a média diária da concentração de  $\text{NH}_3$  esteve entre  $0,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $44,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , e que ao longo do monitoramento este poluente mostrou maior concentração no verão em relação ao inverno; Phan et al (2013) relataram que do outro lado do globo, desta vez em Seul, Coréia do Sul, averigou-se uma relação semelhante, em que o maior valor de amônia ocorreu em 8 de Julho 2011 (verão) com uma concentração de  $24,7 \text{ ppb}$  ( $65,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), enquanto o menor valor ocorreu em 15 de Dezembro de 2010 (inverno) com  $3,35 \text{ ppb}^2$  ( $8,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Já no mediterrâneo, Reche et al (2012) constataram que o nível médio de amônia no verão foi de  $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e no inverno  $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ele também relatou outro dado importante, que foi a média obtida no verão em Barcelona, Espanha, onde a concentração ficou entorno de  $10,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sendo que a média no inverno foi de  $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Segundo Lin et al (2006) em Taiwan, no ano de 2002, foi encontrado uma variação sazonal semelhante, sendo que o maior valor médio,  $11,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , foi encontrado no verão, e o menor valor médio foi encontrado no outono e inverno, com uma concentração média de  $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de amônia (QUADRO 4).

QUADRO 4: RELAÇÃO ENTRE A SAZONALIDADE E CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIA EM VÁRIAS LOCALIDADES.

Cidade	País	Estação com maior concentração de $\text{NH}_3$	Autor
Pequim	China	Verão	Lanniello et al, (2010)
Colorado	EUA	Verão	Day et al, (2012)
Seul	Coréia do sul	Verão	Phan et al, (2013)
Barcelona	Espanha	Verão	Reche et al,(2012)
-----	Taiwan	Verão	Lin et al, (2006)

FONTE: O AUTOR (2017)

Porém a média obtida para o verão nesta pesquisa foi de  $3,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , uma das menores ao longo do ano; isto pode ser explicado provavelmente pelo fato direção dos ventos e potenciais fontes de amônia na proximidade do colégio São Francisco (FIGURA 16).

FIGURA 16: RELAÇÃO ENTRE POTENCIAIS FONTES E DIREÇÃO DO VENTO

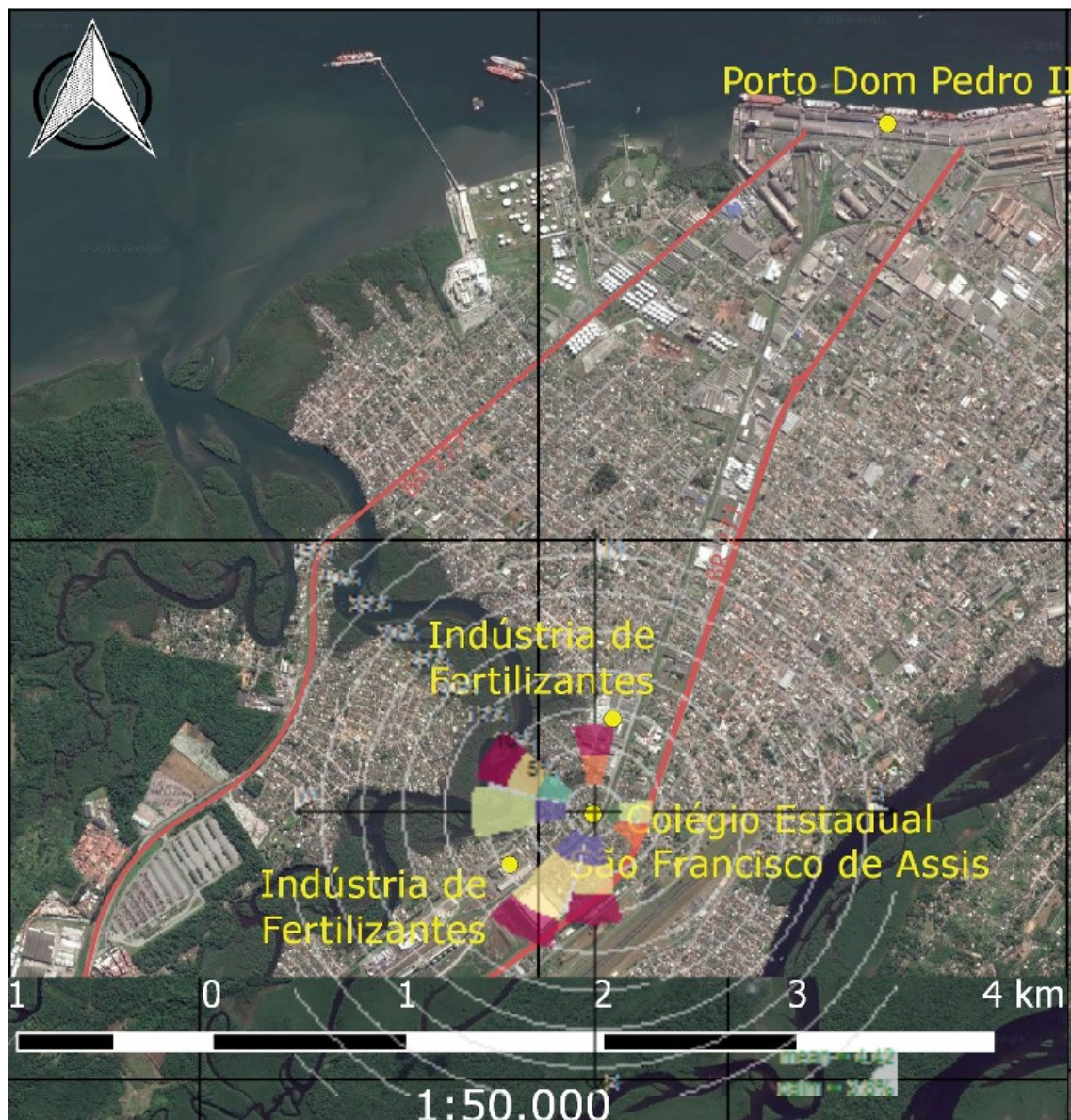


Gráfico da rosa da poluição sazonal, sobreposto ao mapa de localização do ponto de amostragem e potenciais fontes dos poluentes NH<sub>3</sub>.

FONTE : GURGATZ (2017)

O gráfico da rosa dos ventos sobreposto ao mapa de potenciais poluentes, mostra que no outono, houve maior influência dos ventos sul, sudoeste, noroeste, e norte, sobre o ponto de amostragem que está localizado no Colégio São Francisco. A maior emissão de amônia pode ter sido proveniente tanto das fábricas de

fertilizante que estão localizados no sudoeste e norte do ponto de amostragem, quanto do sul e noroeste em que estão localizados a Avenida Ayrton Senna da Silva e Av. Senador Atílio Fontana, respectivamente.

Foram feitas análises de regressão linear, correlação, análise fatorial e análise de componente principal (PCA), os resultados estão listados no apêndice 1. Entretanto não foram encontrados valores estatisticamente significantes para as análises das concentrações de  $\text{NH}_3$  ao longo do período de pesquisa. Os resultados não permitiram inferir uma explicação que justifique a concentração a partir das variáveis que relacionamos. Algumas feitas mensalmente, apresentaram resultados estatisticamente significativos de correlação para algumas variáveis que estão destacadas no Apêndice 2. A provável causa da amônia não pode ser identificada com um único fator, existem outros fatores que provavelmente podem explicar, por exemplo, emissão industrial e emissão da frota do município, mas não foram abordados neste trabalho.

## 6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises de  $\text{NO}_2$  nos permitiu sugerir que a média da concentração de  $\text{NO}_2$  encontrada para o Município de Paranaguá não está acima da permitida pela legislação nacional, no entanto altos valores são encontrados na temporada de safra que se inicia em abril e vai até meados de junho, isso devido provavelmente ao intenso tráfego de caminhões que descarregam no porto.

Os resultados encontrados para as análises de  $\text{NH}_3$  possibilitam sugerir que a atmosfera de Paranaguá também está sendo contaminada pelo poluente, com níveis consideráveis de concentração e média aritmética próximo ao que é considerado perigoso à saúde do ecossistema.

Houve variação na concentração dos poluentes com relação a sazonalidade, pois foi constatado que no inverno houve maior concentração de dióxido de nitrogênio e no outono houve predominância de amônia.

A média anual de dióxido de nitrogênio foi maior ao encontrado na cidade de Ontário.

A média anual de amônia foi maior ao encontrado em várias cidades ao redor do mundo.

A análise da literatura permite é possível estimar que a contaminação, tanto  $\text{NO}_2$  quanto  $\text{NH}_3$ , seja proveniente principalmente da atividade portuária, incluindo o tráfego de caminhões e indústrias de fertilizantes.

Foram feitas análises de regressão linear, correlação, análise fatorial e análise de componente principal (PCA), utilizando o programa estatístico R, de todas as variáveis que podem influenciar a dinâmica da emissão de poluentes atmosféricos no local de amostragem. No entanto, não foram encontrados valores estatisticamente significativos para análise das concentrações de  $\text{NH}_3$  e  $\text{NO}_2$  ao longo do período de pesquisa, pois o resultado geral não nos permitiu encontrar uma explicação estatística que justificasse a concentração a partir das variáveis que relacionamos.

A dinâmica dos poluentes atmosféricos é complexo, para maior clareza no entendimento deste processo, é necessário uma avaliação a longo prazo envolvendo um maior número de variáveis.

## REFERÊNCIAS

**ACGIH - Association Advancing Occupational and Environmental Health.**

Disponível em: <<http://www.acgih.org/>>. Acesso em: 8 fev. 2017.

AGUDELO–CASTANEDA, D. M.; CALESSO TEIXEIRA, E.; NORTE PEREIRA, F. Time-series analysis of surface ozone and nitrogen oxides concentrations in an urban area at Brazil. **Atmospheric Pollution Research**, v. 5, n. 3, p. 411–420, jul. 2014.

AKSOYOGLU, S.; KELLER, J.; BARMPADIMOS, I.; ODERBOLZ, D.; LANZ, V. A.; PRÉVÔT, A. S. H.; BALTENSBERGER, U. Aerosol modelling in Europe with a focus on Switzerland during summer and winter episodes. **Atmos. Chem. Phys.**, v. 11, n. 14, p. 7355–7373, 26 jul. 2011.

**Almanac Emission Projection Data.** Disponível em:

<[https://www.arb.ca.gov/app/emsmv/emssumcat\\_query.phpf\\_yr200226amp;f\\_div026amp;f\\_seasona26amp;sp2003f26amp;f\\_areaab26amp;f\\_absc#O](https://www.arb.ca.gov/app/emsmv/emssumcat_query.phpf_yr200226amp;f_div026amp;f_seasona26amp;sp2003f26amp;f_areaab26amp;f_absc#O)>. Acesso em: 9 fev. 2017.

AMERICAN ASSOCIATION OF PORT AUTHORITIES. U. S. Public Port Facts.

Disponível em: <http://www.aapa-ports.org/industryinfo/portfact.htm>. Acesso em: 26 set. 2003.

AMERICAN ASSOCIATION OF PORT AUTHORITIES. AAPA AND U. S. EPA Announce Kick-Off of the Port Environmental Management System Assistance

disponível em: [http://www.aapa-ports.org/govrelations/EMS\\_Release\\_11003](http://www.aapa-ports.org/govrelations/EMS_Release_11003). Pdf.

ALONSO, C. D.; GODINHO, R. A evolução da qualidade do ar em Cubatão. **Química Nova**, Brasil, 15 (2), p. 126-136, 1992.

ANATOLAKI, CH.; TSITOURIDOU, R. Atmospheric deposition of nitrogen, sulfur and chloride in Thessaloniki, Greece. **Atmospheric Research**, Grécia, 85, p.413 e 428, 2007.

**ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários - Início.** Disponível em:

<<http://www.antaq.gov.br/Portal/default.asp?>>>. Acesso em: 8 fev. 2017.

ANTONIACONI, G.; MUNIZ, K.A. 2013. Prevalência de Asma e Rinite em Estudantes de 13 e 14 anos no município de Paranaguá-PR. Matinhos – PR: TCC (Bacharelado em Saúde Coletiva) – Universidade Federal do Paraná Setor Litoral.

APPA. Disponível em: <http://www.portosdoparana.pr.gov.br/>. Acesso em: março de 2017.

ATKINS, D. H. F.; LEE, D. S. Spatial and temporal variation of rural nitrogen dioxide concentrations across the United Kingdom. **Atmospheric Environment**, v. 29, n. 2, p. 223–239, jan. 1995.

BACKES, A. M.; AULINGER, A.; BIESER, J.; MATTHIAS, V.; QUANTE, M. Ammonia emissions in Europe, part II: How ammonia emission abatement strategies affect secondary aerosols. **Atmospheric Environment**, v. 126, p. 153–161, fev. 2016.

BAILEY, D.; SOLOMON, G. Pollution prevention at ports: clearing the air. **Environmental Impact Assessment Review**, Environment and Health: new answers, new questions. v. 24, n. 7–8, p. 749–774, out. 2004.

BALLINI, F.; BOZZO, R. Air pollution from ships in ports: The socio-economic benefit of cold-ironing technology. **Research in Transportation Business & Management**, Energy Efficiency in Maritime Logistics Chains. v. 17, p. 92–98, dez. 2015.

BARI, A.; FERRARO, V.; WILSON, L. R.; LUTTINGER, D.; HUSAIN, L. Measurements of gaseous HONO, HNO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>, particulate sulphate and PM<sub>2.5</sub> in New York, NY. **Atmospheric Environment**, Nova Iorque, 37, p.2825e2835, 2003.

BELL, M. C.; GALATIOTO, F.; CHAKRAVARTTY, A.; NAMDEO, A. A novel approach for investigating the trends in nitrogen dioxide levels in UK cities. **Environmental Pollution**, Selected Papers from Urban Environmental Pollution 2012. v. 183, p. 184–194, dez. 2013.

BEHERA, S.N.; SHARMA, M. Investigating the potential role of ammonia in ion chemistry offline particulate matter formation for an urban environment. **Science of the Total Environment**, 408, p.3569e3575, 2010.

BEIJK, R.; MOOIBROEK, D.; HOOGERBRUGGE, R. 2009. Air Quality in the Netherlands in 2008. RIVM report 680704008. RIVM, Bilthoven, The Netherlands.

BINNS, C. **How Long Can a Person Survive Without Water?** Disponível em: <<http://www.livescience.com/32320-how-long-can-a-person-survive-without-water.html>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

BRUNEKREEF, B.; JANSSEN, N. A.; DE HARTO, J.; HARESSEMA, H.; KNAPE, M.; VAN VLIET, P. Air pollution from truck traffic and lung function in children living near motorways. **Epidemiology**, 8: p. 298-303, 1997;

BUFATTO, A, C. 2011. Avaliação da Qualidade do Ar no Município de Paranaguá Utilizando Indicadores Biológicos. Matinhos – PR: TCC (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Paraná Setor Litoral.

BURDEN, F. R., FOERSTNER, U., MCKEILVIE, I. D., GUENTHER, A., 2002. Environmental Monitoring Handbook. McGraw-Hill, New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney, Toronto, pp. 18.03-18.16.



CAPE, J. N.; VAN DER EERDEN, L. J.; SHEPPARD, L. J.; LEITH, I. D.; SUTTON, M. A. Evidence for changing the critical level for ammonia. **Environmental Pollution**, v. 157, n. 3, p. 1033–1037, mar. 2009.

CARMICHAEL, G.; FERM, M.; THONGBOONCHOO, N.; WOO, J. H.; CHAN, L. Y.; MURANO, K.; VIET, P. H.; MOSSBERG, C.; BALAG, R.; BOONJAWATH, J.; UPATUMI, P.; MOHAN, M.; ADHIKARYK, S. P.; SHRESTHAL, A. B.; PIENAARM, J. J.; BRUNKEN, E. B.; CHENO, T.; JIE, T.; GUOAN, D.; PENG, L. C.; DHIHARTOS, S.; HARJANTO, H.; JOSE, A. M.; KIMANI, W.; KIROUANE, A.; LACAUX, J. P.; RICHARD, S.; BARTUREN, O.; CERDA, J. C.; ATHAYDE, A.; TAVARES, T.; COTRINA, J. S.; BILICI, E. Measurements of sulfur dioxide, ozone and ammonia concentrations in Asia, Africa, and South America using passive samplers. **Atmospheric Environment**, 37, p. 1293 e 1308, 2003.

CHATZIDIAKOU, L.; MUMOVIC, D.; SUMMERFIELD, A. Is CO<sub>2</sub> a Good Proxy for Indoor Air Quality in Classrooms? Part 2: Health Outcomes and Perceived Indoor Air Quality in Relation to Classroom Exposure and Building Characteristics. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 36, n. 2, p. 162–181, 1 mar. 2015.

CHATTERTON, T. Air quality – the unseen public health crisis? **Environmental Scientist**, 20 (1), p.4-8, 2011.

CHAUHAN, A. J., INSKIP, H. M., LINAKER, C. H., SMITH, S., SCHREIBER, J., JONHSNTON S, L., ET AL. Personal exposure to nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and the severity of virus-induced asthma in children. *Lancet* 2003; 361: 1939-44.

CHIWA, M., 2010. Characteristics of atmospheric nitrogen and sulfur containing compounds in an inland suburban-forested site in northern Kyushu, Western Japan. *Atmospheric research* 96, 531-543.

CORBETT, J., FISHBECK, P., Sources and Transport of Air Pollution from Ships: Current Understanding, Implications, and Trends, 2001 Conference on marine Vessels and Air Quality, EPA Region 9, Feb. 2001, San Francisco, California; <http://www.epa.gov/region09/air/marinevessel/>.

**Cidades** | **IBGE.** Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/4118204>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

CORBETT, J. J.; FISCHBECK, P. Emissions from Ships. **Science**, v. 278, n. 5339, p. 823–824, 31 out. 1997.

DAY E, D.; CHEN, X.; GEBHART, A. K.; CARRICO, C. M. SCHWANDENER, M. F.; BENEDICT, B. K.; SCHICHEL, A. B.; JUNIOR J, L. C.; Spatial and temporal variability of ammonia and other inorganic aerosol species. **Atmospheric Environment**, 61, p. 490-498. Junho de 2012

**Department for Business, Energy & Industrial Strategy - GOV.UK.** Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-business-energy-and-industrial-strategy>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

DIAS, J. MANUAL. [http://www.energetica.ind.br/pdf/Metodo\\_Indofenol\\_Amonia.pdf](http://www.energetica.ind.br/pdf/Metodo_Indofenol_Amonia.pdf). Acesso em 06 de ago. de 2015.

DONALDSON, K.; LI, X. Y.; MACNEE, W. Ultrafine (nanometre) particle mediated lung injury. **Journal of Aerosol Science**, v. 29, n. 5–6, p. 553–560, 1 jun. 1998.

ERISMAN, J. W.; GALLOWAY, J. N.; SEITZINGER, S.; BLEEKER, A.; DISE, N. B.; PETRESCU, A. M. R.; LEACH, A. M.; VRIES, W. de. Consequences of Human Modification of the Global Nitrogen Cycle. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 368, n. 1621, p. 20130116, 5 jul. 2013.

ET, 2012 11:08am. **How Long Can a Person Survive Without Water?** Disponível em: <<http://www.livescience.com/32320-how-long-can-a-person-survive-without-water.html>>. Acesso em: 27 fev. 2017.

EZZATI, M.; LOPEZ, A. D.; RODGERS, A.; VANDER HOORN, S.; MURRAY, C. J. L.; COMPARATIVE RISK ASSESSMENT COLLABORATING GROUP. Selected Major Risk Factors and Global and Regional Burden of Disease. **Lancet (London, England)**, v. 360, n. 9343, p. 1347–1360, 2 nov. 2002.

FINLAYSON-PITTS, B. J.; PITTS, J. N. 1999. Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications. Academic Press, New York.

FOUNTOUKIS, C.; NENES, A.; SULLIVAN, A.; WEBER, R.; VAN REKEN, T.; FISCHER, M.; MATÍAS, E.; MOYA, M.; FARMER, D.; COHER, R.C. Thermodynamic characterization of Mexico City aerosol during MILAGRO 2006. **Atmospheric Chemistry and Physics, México**, 9, p. 2141e2156, 2009.32

GODOI, R. H. M.; AVIGO, D.; CAMPOS, V. P.; TAVARES, T. M.; MARCHI, M. R. R. de; GRIEKEN, R. V.; GODOI, A. F. L. Indoor Air Quality Assessment of Elementary Schools in Curitiba, Brazil. **Water, Air, & Soil Pollution: Focus**, v. 9, n. 3–4, p. 171–177, 1 ago. 2009.

GODISH, T. **Air Quality 4<sup>th</sup> Edition**. Nova Iorque: Lewis Publishers, 2004.

GUERRIERO, C.; CHATZIDIAKOU, L.; CAIRNS, J.; MUMOVIC, D. The economic benefits of reducing the levels of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) near primary schools: The case of London. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 615–622, 1 out. 2016.

GUPTA, A. K., KARAR, K., AYOOB, S., JONH, K., 2008. Spatio-temporal characteristics of gaseous and particulate pollutants in an urban region of Kolkata, India. *Atmospheric Research* 87, 103-115.

GURGATZ, B. M.; CARVALHO-OLIVEIRA, R.; DE OLIVEIRA, D. C.; JOUCOSKI, E.; ANTONIACONI, G.; SALDIVA, P. H. do N.; REIS, R. A. Atmospheric metal pollutants



and environmental injustice: A methodological approach to environmental risk analysis using fuzzy logic and tree bark. **Ecological Indicators**, v. 71, p. 428–437, dez. 2016.

HABES, S.; OBRADOVIC, Z.; RIDZAL, A.; ALDZIC, A. Air pollution by nitrogen oxides in Sarajevo from 2005 to 2010. **Journal of Health Science** 3(3), p.250-254. Novembro de 2013.

HAN, S.; BIAN, H.; FENG, Y.; LIU, A.; LI, X.; ZENG, F.; ZHANG, X. Analysis of the Relationship between O<sub>3</sub>, NO and NO<sub>2</sub> in Tianjin, China. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 11, n. 2, p. 128–139, 2011.

HASSAN, S. K.; EL-ABSSAWY, A. A.; KHODER, M. I. Characteristics of gas-phase nitric acid and ammonium-nitrate-sulfate aerosol, and their gas-phase precursors in a suburban area in Cairo, Egypt. **Atmospheric Pollution Research**, v. 4, n. 1, p. 117–129, jan. 2013.

HEI (Health Effects Institute), 2010. Traffic-related Air Pollution: a Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. HEI Special Report 17. Health Effects Institute, Boston, MA, pp. 2-3, 3-3 e 3-27.

ILYAS, S. Z. A review of transport and urban air pollution in Pakistan. **J Appl Sci Environ Manag**, v. 11, p. 113–121, 2007.

IAPH, 2007. Tool Box for port Clean Air Programs. Improving Air Quality While Promoting Business Development. International Association of Ports and Harbors, Netherlands.

IVES MAURO. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/esbocos/article/download/126/174>  
Acesso em: mar. 2017.

KEAN, A. J.; LITTLEJOHN, D.; BAN-WEISS, G. A.; HARLEY, R. A.; KIRCHSTETTER, T. W.; LUNDEN, M. M. Trends in on-road vehicle emissions of ammonia. **Atmospheric Environment**, v. 43, n. 8, p. 1565–1570, mar. 2009.

KRAFT, M.; EIKMANN, T.; KAPPOS, A.; KÜNZLI, N.; RAPP, R.; SCHNEIDER, K.; SEITZ, H.; VOSS, J.-U.; WICHMANN, H.-E. The German view: Effects of nitrogen dioxide on human health – derivation of health-related short-term and long-term values. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 208, n. 4, p. 305–318, 20 jul. 2005.

KHWAJA, M, A., KHAN, S, R.,2005. Air pollution: Key environmental issues in Pakistan. Working Paper 99, SDPI, islamabad Pakistan (Available at [http://www.sdpi.org/publications/publication\\_details-317-7.html](http://www.sdpi.org/publications/publication_details-317-7.html))

KIM, S, J.; BAIS, L, A.; KANG, H, S.; LEE, J.; PARK, H. A semi-continuous measurement of gaseous ammonia and particulate ammonium concentrations in PM<sub>2.5</sub> in the ambient atmosphere. **Atmosphere chemistry** 68, p.251-263, Março de 2011.

KLOCKOW, D., TARGA, H. J., VAUTZ, W., 1997. Air Pollution and Vegetation Damage in the Tropics-The Serra do Mar as an Example. GKSS, Geesthacht, Germany.

KRUPA, S. V. Effects of atmospheric ammonia (NH<sub>3</sub>) on terrestrial vegetation: a review. **Environmental Pollution**, v. 124, n. 2, p. 179–221, jul. 2003.

LANNIELLO, A., SPATARO, F., ESPOSITO, G., ALLEGRINI, I., RANTICA, E., ANCORA, M.P., HU, M. AND ZHU, T. (2010). Occurrence of gas phase ammonia in the area of Beijing (China). *Atmos. Chem. Phys.* 10: 9487–9503.

LIANG, W.-M.; WEI, H.-Y.; KUO, H.-W. Association between daily mortality from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Taiwan. **Environmental Research**, v. 109, n. 1, p. 51–58, jan. 2009.

**Litoral**                      **Nota**                      **CEM.**                      Disponível em:  
<<http://www.cem.ufpr.br/litoralnotacem/textos.htm>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

LI, Y., SCHWAB, J. J., DERMERJIAN, K. L., 2006. Measurements of ambient ammonia using a tunable diode laser absorption spectrometer: characteristics of ambient ammonia emissions in an urban area of New York City. *Journal of Geophysical Research* 111, D10S02.

LIN C, Y.; CHENG, T, M. Evaluation of formation rates of NO<sub>2</sub> to gaseous and particulate nitrate in the urban atmosphere. **Atmospheric Environment**, Taichung, 41, p.1903-1910, Outubro de 2006.

LIN, C, Y.; CHENG, T, M.; TING, Y, W.; YEH, R, C. Characteristics of gaseous HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> and particulate ammonium nitrate in an urban city of Central Taiwan. **Atmospheric Environment**, Taichung, 40, p.4725-4733, Abril de 2006.

LUTTRELL, E, W. Nitrogen dioxide. *Journal of Chemical Health & Safety*, March/April 2014

MARAGKOGIANNI, A.; PAPAETHIMIOU, S. Evaluating the social cost of cruise ships air emissions in major ports of Greece. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 36, p. 10–17, maio 2015.

MANAHAN, S, E. **Environmental chemistry**. Brooks Cole Publishing Company. Califórnia: Monterrey, p. 612, 1984.

MANUAL. APV trigás. Disponível em <<http://www.energetica.ind.br>>. Acesso em 27 de set. de 2012.

MANUAL. [http://www.energetica.ind.br/wp/env1/wp-content/uploads/2016/01/env1\\_metodo-epa-no2-arsenito-sodio-eqn-277-026-rev-01.pdf](http://www.energetica.ind.br/wp/env1/wp-content/uploads/2016/01/env1_metodo-epa-no2-arsenito-sodio-eqn-277-026-rev-01.pdf). Acesso em 09 de mar. De 2017

MALIK, A.; TAULER, R. Exploring the interaction between O<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> pollution patterns in the atmosphere of Barcelona, Spain using the MCR-ALS method. **Science of the Total Environment** 517, p.151-161, Fevereiro de 2015.

MASOLI, M.; FABIAN, D.; HOLT, S.; BEASLEY, R.; PROGRAM, G. The global burden of asthma: executive summary of the GINA Dissemination Committee Report. **Allergy** 59, p.468-478, 2004.

MATSUMOTO M., OKITA, T., 1998. Long term measurements of atmospheric gaseous and aerosol species using an annular denuder system in Nara, Japan. *Atmospheric Environment* 30, 1419-1425.

MAYARA CARDOSO. **Lei de Henry - Físico-química**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisico-quimica/lei-de-henry/>>. Acesso em: 8 mar. 2017.

MEPC (Ministry of Environmental Protection of China), 2016. Data Center. <http://datacenter.mep.gov.cn>.

MCCURDY, T.; ZELENKA, M. P.; LAWRENCE, P. M.; HOUSTON, R. M.; BURTON, R. Acid aerosols in the Pittsburgh Metropolitan area. **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 30, p. 5133–5145, dez. 1999.

MOODLEY, K. G.; SINGH, S.; GOVENDER, S. Passive monitoring of nitrogen dioxide in urban air: A case study of Durban metropolis, South África. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 9, p. 2145–2150, set. 2011.

MOZETO, A.A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. Química Nova, 2001.

MURANO, K.; MUKAI, H.; HATAKEYAMA.; OISHI, O.; UTSUNOMIYA, A.; SHIMOHARA, T. Wet deposition of ammonium and atmospheric distribution of ammonia and particulate ammonium in Japan. **Environmental Pollution**, Tokyo, 102, p.321-326, Agosto de 1998.

NAGATA, Y. Measurement of odor threshold by triangular odor bag method. In: Odor Measurement Review. Japan Ministry of the Environment, Government of Japa, pp. 118-127, 2003.

NIE, W.; WANG, T.; WANG, W.; WEI, X.; LIU, Q. Atmospheric concentrations of particulate sulfate and nitrate in Hong Kong during 1995–2008: Impact of local emission and super-regional transport. **Atmospheric Environment**, Improving Regional Air Quality over the Pearl River Delta and Hong Kong: from Science to Policy. v. 76, p. 43–51, set. 2013.

PARMAR, R, S.; SATSANGI, G, S.; LAKHANI, A.; SIRVASTAVA, S, S.; PRAKASH, S. Simulta-neous measurements of ammonia and nitric acid in ambient air at Agra (27100N and 78050E) (India). **Atmospheric Environment**, Agra, 35, p.5979 e 5988, 2001.

PERRINO, C.; CATRAMBONE, M. Development of a variable-path-length diffusive sampler for ammonia and evaluation of ammonia pollution in the urban area of

Rome, Italy. **Atmospheric Environment**, Roma, 38, p.6667 e 6672, 2004.9 Reche, C.;

PERRINO, C.; CATRAMBONE, M.; DI MENNO DI BUCCHIANICO, A.; ALLEGRINI, I. Gaseous ammonia in the urban area of Rome, Italy and its relationship with traffic emissions. **Atmospheric Environment**, v. 36, n. 34, p. 5385–5394, nov. 2002.

PIO, C, A.; SANTOS, I, M.; ANACLETO, T, D.; NUNES, T, V. Particulate and gaseous air pollutants levels at the Portuguese West Coast. **Atmospheric Environment**, Portugal, 25A, p.669 e 680, 1991.

PHAN, N.-T.; KIM, K.-H.; SHON, Z.-H.; JEON, E.-C.; JUNG, K.; KIM, N.-J. Analysis of ammonia variation in the urban atmosphere. **Atmospheric Environment**, v. 65, p. 177–185, fev. 2013.

RAIVONEN, M.; VESALA, T.; PIRJOLA, L.; ALTIMIR, N.; KERONEN, P.; KULMALA, M.; HARI, P. Compensation point of NO<sub>x</sub> exchange: Net result of NO<sub>x</sub> consumption and production. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 6–7, p. 1073–1081, 15 jun. 2009.

RAÑA. **Troposfera.org || Portal de Qualidade do Ar - Unidades de Medição Adotadas na Qualidade do Ar**. Disponível em: <<http://www.troposfera-brasil.org/conceptos/unidades-de-medicion-empleadas-en-calidad-del-aire/>>. Acesso em: 24 fev. 2017.

RAYSONI, U. A.; STOCK, H. T.; SARNAT, A. J.; SOSA, M. T.; SARNAT, E. S.; HOLGUIN, F.; GREENWALD, R.; JOHNSON, B.; LI, W. W. Characterization of traffic-related air pollutant metrics at four schools in El Paso, Texas, USA: Implications for exposure assessment and siting schools in urban areas. **Atmospheric Environment** 80, p.140-151, Julho de 2013.

RECHE, C.; VIANA, M.; KARANASIOU, A.; CUSACK, M.; ALASTUEY, A.; ARTIÑANO, B.; REVUELTA, M. A.; LÓPEZ-MAHÍA, P.; BLANCO-HERAS, G.; RODRÍGUEZ, S.; SÁNCHEZ DE LA CAMPA, A. M.; FERNÁNDEZ-CAMACHO, R.; GONZÁLEZ-CASTANEDO, Y.; MANTILLA, E.; TANG, Y. S.; QUEROL, X. Urban NH<sub>3</sub> levels and sources in six major Spanish cities. **Chemosphere**, v. 119, p. 769–777, jan. 2015.

RECHE, C.; VIANA, M.; PANDOLFI, M.; ALASTUEY, A.; MORENO, T.; AMATO, F.; RIPOLL, A.; QUEROL, X. Urban NH<sub>3</sub> levels and sources in a Mediterranean environment. **Atmospheric Environment**, v. 57, p. 153–164, set. 2012.

RESOLUÇÃO CONAMA. Padrões de Qualidade do Ar. Disponível em <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/conama\\_03\\_90\\_padroes\\_de\\_qualidade\\_do\\_ar.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/conama_03_90_padroes_de_qualidade_do_ar.pdf)> . Acesso em 27 de set. De 2012.

RODRIGUES, J. P. Modelagem matemática da dispersão de poluentes atmosféricos como etapa de pré-seleção de locais para instalação de estações de monitoramento

da qualidade do ar em Paranaguá - PR. 25 abr. 2016. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/1850>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

ROSSI, G.; VIGOTTI, M, A.; ZANOBBETTI, A.; REPETTO, F.; GIANELLE, V.; SCHWARTZ, J. Air pollution and cause-specific mortality in Milan, Italy, 1980–1989. **Arch. Environ. Health**, Milão, 54 (3), 158–164, 1999.

SCUDLARK, J, K, JENNINGS, J, A, ROADMAN, M, J., SAVIDGE, K, B., ULLMAN, W, J., 2005. Atmospheric nitrogen inputs to the Delaware inland Bay: the role of ammonia. *Environmental Pollution* 135, 433-443.

SCHIRMER, W. N.; LISBOA, H. de M. QUÍMICA DA ATMOSFERA: CONSTITUINTES NATURAIS, POLUENTES E SUAS REAÇÕES. **Tecno-Lógica**, v. 12, n. 2, p. 37–46, 5 jan. 2009.

SEINFELD, J, H.; PANDIS, S. **Atmospheric chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, second ed.** New York: Wiley, 2006.

SHORT, L. C.; FREY, R.; BENTER, T. Simultaneous Measurement of Nitric Oxide (NO) and Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) in Simulated Automobile Exhaust Using Medium Pressure Ionization—Mass Spectrometry. **Applied Spectroscopy**, v. 60, n. 2, p. 208–216, 1 fev. 2006.

SHABBIR, Y.; KHOKHAR, F, M.; SHAIGANFAR, R.; WAGNER, T. Spatial variace and assessmente of nitrogen dioxide pollution in major cities os Pakistan along N5-highway. **Science direct**, Paquistão, 43, p.4-14, Dezembro de 2015.

SMITH, L.; MUKERJEE, S.; KOVALCIK, K.; SAMS, E.; STALLINGS, C.; HUDGENS, E.; SCOTT, J.; KRANTZ, T.; NEAS, L. Near-road measurements for nitrogen dioxide and its association with traffic exposure zones. **Atmospheric Pollution Research**, v. 6, n. 6, p. 1082–1086, nov. 2015.

SWALUW, D, V, E.; ASMAN, H, A, W.; JAARVELD, V, H.; HOOGERBRUGGE, R. Wet deposition of ammonium, nitrate and sulfate in the Netherlands over the period 1992-2008. **Atmospheric Environment**, Netherlands, 45, p.3819-3826, Abril de 2011.

STOCKWELL, W. R.; WATSON, J. G.; ROBINSON, N. F.; STEINER, W.; SYLTE, W. W. The ammonium nitrate particle equivalent of NO<sub>x</sub> emissions for wintertime conditions in Central California's San Joaquin Valley. **Atmospheric Environment**, v. 34, n. 27, p. 4711–4717, 2000.

SUNYER, J.; CASTELLSAGUE, J.; SAEZ, M.; TOBIAS, A.; ANTO, J, M. Air pollution and mortality in Barcelona. **J.Epidemiol. Commun. Health**, Barcelona, 50 (Supl. 1), p. 76–80, 1996.

TA, W, Q., WANG, T., XIAO, H, L., ZHU, X, Y., XIAO, Z., 2004. Gaseous and particulate air pollution in the Lanzhou Valley, China. *Science of the Total Environment* 320, 163-176.

TAGLIATELLA, E, V, S. 2014. Avaliação da Qualidade do Ar no colégio Estados Unidos em Paranaguá-PR. Matinhos – PR: TCC (Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade Federal do Paraná Setor Litoral.

TZANNATOS, E. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece. **Atmospheric Environment**, Grécia, 44, p.400-407, Outubro de 2009.

US EPA, O. **Transportation, Air Pollution, and Climate Change**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/air-pollution-transportation>>. Acesso em: 9 fev. 2017.

VAN AARDENNE, J. A.; DENTENER, F. J.; OLIVIER, J. G. J.; GOLDEWIJK, C. G. M. K.; LELIEVELD, J. A 1°×1° Resolution Data Set of Historical Anthropogenic Trace Gas Emissions for the Period 1890–1990. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 15, n. 4, p. 909–928, 1 dez. 2001.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O CLIMA DO LITORAL DO ESTADO DO PARANÁ. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3, n. 0, 2008. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25423>>. Acesso em: 8 mar. 2017.

VARATSOS, A. C.; ONDOV, M. J.; EFSTATHIOU, N. M.; CRACKNELL, P. A. The local and regional atmospheric oxidants. **Environment Science Pollutant Research**, 21, p. 4430-4440, Dezembro de 2013.

VAUTZ, W.; PAHL, S.; PILGER, H.; SCHILLING, M.; KLOCKOW, D. Deposition of trace substances via cloud droplets in the Atlantic Rain Forest of the Serra Do Mar, São Paulo State, SE Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 37, n. 23, p. 3277–3287, jul. 2003.

VIANA, M.; HAMMINGH, P.; COLETTE, A.; QUEROL, X.; DEGRAEUWE, B.; VLIEGER, I. de; VAN AARDENNE, J. Impact of maritime transport emissions on coastal air quality in Europe. **Atmospheric Environment**, v. 90, p. 96–105, jun. 2014.

VIANA, M.; PANDOLFI, M.; ALASTUEY, A.; MORENO, T.; AMATO, F.; RIPOLL, A.; QUEROL, X. Urban NH<sub>3</sub> levels and sources in a Mediterranean environment. **Atmospheric Environment** 57, p.132-164, 2012.

WANG, C.; CORBETT, J. J.; FIRESTONE, J. Improving Spatial Representation of Global Ship Emissions Inventories. **Environmental Science & Technology**, v. 42, n. 1, p. 193–199, 1 jan. 2008.

WALKER, J. T.; WHITALL, D. R.; ROBARGE, W.; PAERL, H. W. Ambient ammonia and ammonium aerosol across a region of variable ammonia emission density. **Atmospheric Environment**, 38, p.1235 e 1246, 2004.

WIDAWSKI, A. The influence of atmospheric circulation on the air pollution concentration and temperature inversion in Sosnowiec. Case study. **Environmental e Socio-economic Studies**, 2, 3, p.30-40, Março de 2015

**World Bank Group**. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/content/home-page/landing/en>>. Acesso em: 8 fev. 2017.

WU, Y.; GU, B.; ERISMAN, J. W.; REIS, S.; FANG, Y.; LU, X.; ZHANG, X. PM<sub>2.5</sub> pollution is substantially affected by ammonia emissions in China. **Environmental Pollution**, v. 218, p. 86–94, nov. 2016.

YAMAMOTO, N.; NISHIURA, H.; HONJO, T.; ISHIKAWA, Y.; SUZUKI, K. A long-term study of atmospheric ammonia and particulate ammonium concentrations in Yokohama, Japan. **Atmospheric Environment**, Yokohama, 29, p. 97 e 103, 1995.

YASMEEN, Z.; RASUL, G.; ZAHID, M. Impact of aerosols on winter fog of Pakistan. **Pakistan Journal of Meteorology**, v. 8, n. 16, p. 21–30, 2012.

ZBIERANOWSKI, A. L.; AHERNE, J. Spatial and temporal concentration of ambient atmospheric ammonia in southern Ontario, Canada. **Atmospheric Environment**, v. 62, p. 441–450, dez. 2012.

ZHANG, L.; VET, R.; O'BRIEN, J. M.; MIHELE, C.; LIANG, Z.; WIEBE, A. Dry Deposition of Individual Nitrogen Species at Eight Canadian Rural Sites. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 114, n. D2, p. D02301, 27 jan. 2009.

WU, Y.; GU, B.; ERISMAN, J. W.; REIS, S.; FANG, Y.; LU, X.; ZHANG, X. PM<sub>2.5</sub> pollution is substantially affected by ammonia emissions in China. **Environmental Pollution**, v. 218, p. 86–94, nov. 2016.

## APÊNDICE 1 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS DE NO<sub>2</sub> E NH<sub>3</sub>.

### Regressão linear do NH<sub>3</sub>

Foram usados os dados do NH<sub>3</sub> na tentativa de estabelecer a seguinte relação entre as variáveis:

$$\text{Concentração} = E + C_1 \times \text{temperatura} + C_2 \times \text{precipitação} + C_3 \times (\text{umidade relativa}) + C_4 \times (\text{pressão}) + C_5 \times (\text{velocidade vento}) + C_6 \times (\text{veículos dia anterior}) + C_7 \times (\text{veículos no dia}) + C_8 \times (\text{navios em espera}) + C_9 \times (\text{navios atracados})$$

A concentração é a variável a ser predita e os fatores preditores usados foram temperatura, precipitação, umidade relativa, pressão, velocidade do vento, veículos no dia anterior, veículos no dia, navios em espera e navios atracados.

Resultados:

### Regressão Linear

#### Sumário do modelo

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	RMSE
1	0.312	0.098	0.012	3.800

#### ANOVA

Modelo		Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
1	Regression	148.3	9	16.48	1.141	0.342
	Residual	1372.0	95	14.44		
	Total	1520.3	104			

#### Coefficientes

Modelo		Não ajustado	Erro padrão	Ajustado	Teste t	Valor p
1	intercept	19.104	100.577		0.190	0.850
C1	temperatura	0.085	0.183	0.092	0.466	0.642
C2	precipita	-2.557	1.697	-0.163	-1.507	0.135
	ur	0.023	0.063	0.051	0.364	0.717
	pressao	-0.020	0.097	-0.026	-0.203	0.839
	v_vento	-0.081	0.457	-0.020	-0.177	0.860
	veículos_ant	0.000	0.000	0.070	0.541	0.590



## Coeficientes

Modelo	Não ajustado	Erro padrão	Ajustado	Teste t	Valor p
veiculos_dia	-0.000	0.000	-0.057	-0.418	0.677
navios_espera	0.008	0.042	0.049	0.191	0.849
navios_atracado	0.058	0.106	0.119	0.546	0.586

Se adotarmos o nível de significância de  $p < 0,1$  (ou  $p < 0,05$ ) podemos dizer que não há fatores que façam boa predição. O que se buscará em seguida é eliminar fatores tal que a predição possa melhorar par além dos 1,2% (ver Adjusted  $R^2 = 0,012$  na primeira tabela acima).

Resultados JASP **Backward**:

## Regressão Linear

## Sumário do modelo

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	RMSE
1	0.312	0.098	0.012	3.800
2	0.312	0.097	0.022	3.781
3	0.311	0.097	0.032	3.762
4	0.311	0.097	0.041	3.744
5	0.307	0.094	0.048	3.730
6	0.306	0.093	0.057	3.713
7	0.303	0.092	0.065	3.697
8	0.295	0.087	0.069	3.689

## Coeficientes

Modelo		Não ajustado	Erro padrão	Ajustado	Teste t	Valor p
1	intercept	19.104	100.577		0.190	0.850
	temperatura	0.085	0.183	0.092	0.466	0.642
	precipita	-2.557	1.697	-0.163	-1.507	0.135
	ur	0.023	0.063	0.051	0.364	0.717
	pressao	-0.020	0.097	-0.026	-0.203	0.839
	v_vento	-0.081	0.457	-0.020	-0.177	0.860
	veiculos_ant	0.000	0.000	0.070	0.541	0.590
	veiculos_dia	-0.000	0.000	-0.057	-0.418	0.677
	navios_espera	0.008	0.042	0.049	0.191	0.849
2	navios_atracado	0.058	0.106	0.119	0.546	0.586
	intercept	19.956	99.954		0.200	0.842
	temperatura	0.084	0.182	0.091	0.464	0.644
	precipita	-2.671	1.564	-0.170	-1.708	0.091
	ur	0.026	0.060	0.058	0.442	0.660
	pressao	-0.021	0.097	-0.028	-0.217	0.828
	veiculos_ant	0.000	0.000	0.073	0.577	0.566
	veiculos_dia	-0.000	0.000	-0.060	-0.442	0.660
	navios_espera	0.007	0.041	0.045	0.176	0.861
3	navios_atracado	0.060	0.105	0.123	0.573	0.568
	intercept	19.924	99.453		0.200	0.842
	temperatura	0.102	0.151	0.110	0.674	0.502
	precipita	-2.660	1.555	-0.169	-1.711	0.090

## Coeficientes

Modelo	Não ajustado	Erro padrão	Ajustado	Teste t	Valor p
ur	0.030	0.057	0.065	0.519	0.605
pressao	-0.021	0.096	-0.028	-0.221	0.825
veiculos_ant	0.000	0.000	0.068	0.555	0.580
veiculos_dia	-0.000	0.000	-0.062	-0.469	0.640
navios_atracado	0.075	0.059	0.154	1.265	0.209
4 intercept	-2.019	6.509		-0.310	0.757
temperatura	0.118	0.130	0.128	0.906	0.367
precipita	-2.649	1.546	-0.168	-1.713	0.090
ur	0.031	0.056	0.067	0.542	0.589
veiculos_ant	0.000	0.000	0.067	0.548	0.585
veiculos_dia	-0.000	0.000	-0.066	-0.499	0.619
navios_atracado	0.077	0.058	0.158	1.312	0.193
5 intercept	-2.046	6.484		-0.316	0.753
temperatura	0.095	0.122	0.103	0.783	0.436
precipita	-2.672	1.540	-0.170	-1.735	0.086
ur	0.022	0.053	0.048	0.407	0.685
veiculos_ant	0.000	0.000	0.031	0.313	0.755
navios_atracado	0.089	0.053	0.182	1.672	0.098
6 intercept	-1.692	6.356		-0.266	0.791
temperatura	0.100	0.120	0.108	0.829	0.409
precipita	-2.694	1.531	-0.171	-1.759	0.082
ur	0.021	0.053	0.045	0.388	0.699
navios_atracado	0.089	0.053	0.182	1.677	0.097
7 intercept	0.656	1.916		0.342	0.733
temperatura	0.075	0.101	0.081	0.738	0.462
precipita	-2.742	1.520	-0.174	-1.805	0.074
navios_atracado	0.089	0.053	0.183	1.691	0.094
8 intercept	1.904	0.898		2.122	0.036
precipita	-2.953	1.489	-0.188	-1.983	0.050
navios_atracado	0.108	0.046	0.221	2.335	0.022

Onde percebe-se que o modelo 8 é o que melhor se ajusta aos preditores ( $p \leq 0,05$ ):

$$\text{Concentração} = 1,904 - 2,953 \times \text{precipitação} + 0,108 \times \text{navios\_atracados}$$

com  $R^2 = 0,069$  (=6,9%) de explicação dos dados.

### Resultados JASP *forward*:

#### Linear Regression

##### Sumário do modelo

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	RMSE
1	0.232	0.054	0.045	3.737

## ANOVA

		Grau					
Modelo		Soma	doss	deQuadrado	Valor F		Valor p
		quadrados	liberd	médio			
				ade			
1	Regression	81.73	1	81.73	5.852	0.017	
	Residual	1438.61	103	13.97			
	Total	1520.34	104				

## coeficientes

Modelo		Não ajustado	Erro padrão	Ajustado	Teste t	Valor p
1	intercept	0.920	1.144		0.804	0.423
	navios_espera	0.038	0.016	0.232	2.419	0.017

Onde temos:

$$\text{Concentração} = 0,920 + 0,038 \times \text{navios\_atracados}$$

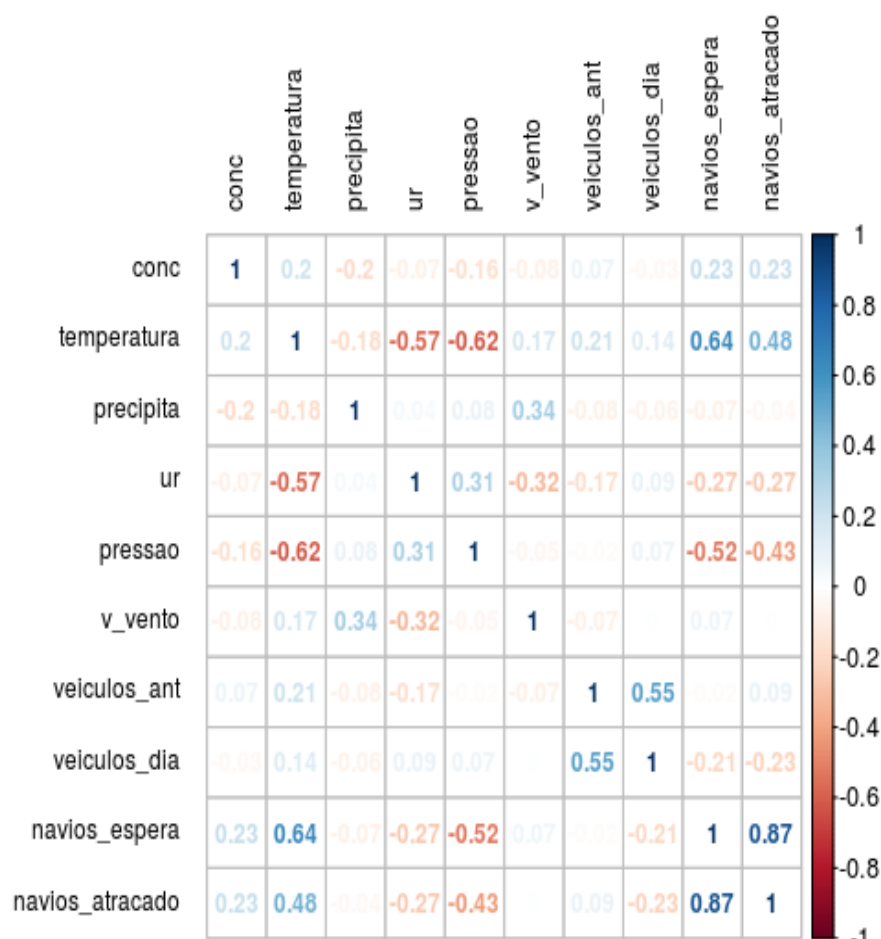
com  $R^2 = 0,045$  (=4,5%) de explicação dos dados.

**Análise Fatorial NH<sub>3</sub>**

Vendo a correlação (matriz de correlação):

	Concen tração	Temper atura	Precipita ção	Umidad e Relativ a	Pressã o	Velocid ade do vento	Nº veículo s dia anterior	Nº veículo s no dia	Nº navios em espera	Nº navios atracad os
Concent ração	1	0,20	-0,20	-0,07	-0,16	-0,08	0,07	-0,03	0,23	0,23
Tempera tura	0,20	1	-0,18	-0,57	-0,62	0,17	0,21	0,14	0,64	0,48
Precipita ção	-0,20	-0,18	1	0,04	0,08	0,34	-0,08	-0,06	-0,07	-0,04
Umidad e Relativa	-0,07	-0,57	0,04	1	0,31	-0,32	-0,17	0,09	-0,27	-0,27
Pressão	-0,16	-0,62	0,08	0,31	1	-0,05	-0,02	0,07	-0,52	-0,43
Velocida de do vento	-0,08	0,17	0,34	-0,32	-0,05	1	-0,07	0,00	0,07	0,00
Nº veículos dia	0,07	0,21	-0,08	-0,17	-0,02	-0,07	1	0,55	-0,02	0,09

anterior										
Nº										
veículos										
no dia	-0,03	0,14	-0,06	0,09	0,07	0,00	0,55	1	-0,21	-0,23
Nº										
navios										
em										
espera	0,23	0,64	-0,07	-0,27	-0,52	0,07	-0,02	-0,21	1	0,87
Nº										
navios										
atracado	0,23	0,48	-0,04	-0,27	-0,43	0,00	0,09	-0,23	0,87	1
s										



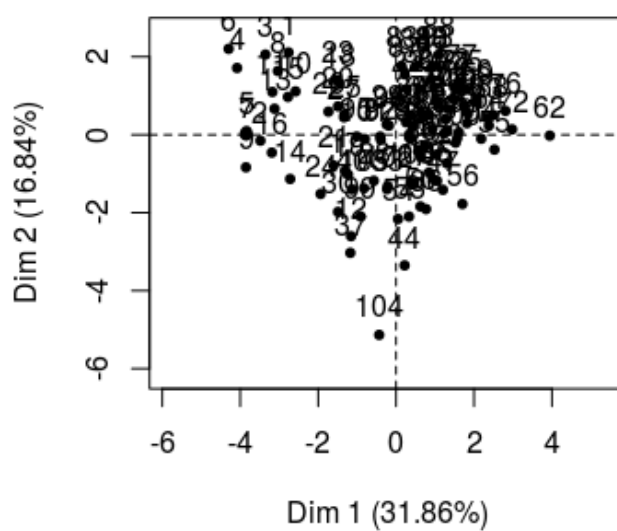
Ou:

Onde pode ser perceber algumas relações entre temperatura, pressão, umidade relativa, veículos e navios. Contudo a matriz apresenta valores abaixo de 0,7 o que não possibilita os cálculos adequados à análise fatorial.

### PCA para NH<sub>3</sub>

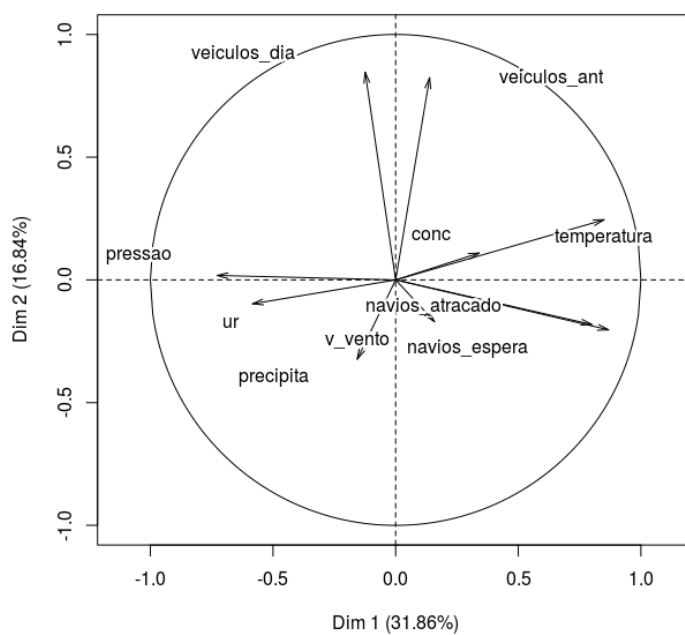
Temos os gráficos:

**Individuals factor map (PCA)**



Procurando *clusters*.

**Variables factor map (PCA)**



### Regressão linear do NO<sub>2</sub>

Foram usados os dados do NO<sub>2</sub> na tentativa de estabelecer a seguinte relação entre as variáveis:

$$\text{Concentração} = E + C_1 \times \text{temperatura} + C_2 \times \text{precipitação} + C_3 \times (\text{umidade relativa}) + C_4 \times (\text{pressão}) + C_5 \times (\text{velocidade vento}) + C_6 \times (\text{veículos dia anterior}) + C_7 \times (\text{veículos no dia}) + C_8 \times (\text{navios em espera}) + C_9 \times (\text{navios atracados})$$

A concentração é a variável a ser predita e os fatores preditores usados foram temperatura, precipitação, umidade relativa, pressão, velocidade do vento, veículos no dia anterior, veículos no dia, navios em espera e navios atracados.

### Regressão Linear

#### Sumário do modelo

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	RMSE
1	0.507	0.257	0.172	6.439

#### ANOVA

Modelo		Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
1	Regression	1132	9	125.80	3.034	0.004
	Residual	3275	79	41.46		
	Total	4408	88			

#### Coefficientes

Modelo		Não ajustado	Erro padrão	Ajustado	Teste t	Valor p
1	intercept	-110.236	197.634		-0.558	0.579
	temperatura	0.030	0.280	0.021	0.106	0.915
	precipita	0.005	0.043	0.013	0.123	0.903
	ur	0.148	0.155	0.144	0.955	0.342
	pressao	0.108	0.195	0.078	0.554	0.581
	v_vento	0.247	1.300	0.020	0.190	0.850
	veiculos_ant	0.001	0.001	0.077	0.662	0.510
	veiculos_dia	0.001	0.001	0.102	0.946	0.347
	navios_espera	-0.182	0.078	-0.624	-2.331	0.022
	navios_atracado	0.337	0.188	0.391	1.798	0.076

Se adotarmos o nível de significância de  $p < 0,1$  (ou  $p < 0,05$ ) podemos dizer que há apenas dois fatores que façam boa predição (navios em espera e

navios atracados). O que se buscará em seguida é eliminar fatores tal que a predição possa melhorar par além dos 17,2% (ver Adjusted  $R^2 = 0,172$  na primeira tabela acima).

### Resultados JASP **Backward**:

#### Linear Regression

##### Sumário do modelo

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	RMSE
1	0.507	0.257	0.172	6.439
2	0.507	0.257	0.182	6.399
3	0.507	0.257	0.192	6.360
4	0.506	0.256	0.202	6.323
5	0.503	0.253	0.209	6.296
6	0.498	0.248	0.212	6.282
7	0.487	0.237	0.211	6.288
8	0.461	0.213	0.194	6.352

##### Coeficientes

Modelo		Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
1	intercept	-110.235	197.634		-0.558	0.579
	temperatura	0.030	0.280	0.021	0.106	0.915
	precipita	0.005	0.043	0.013	0.123	0.903
	ur	0.148	0.155	0.144	0.955	0.342
	pressao	0.108	0.195	0.078	0.554	0.581
	v_vento	0.247	1.300	0.020	0.190	0.850
	veiculos_ant	0.001	0.001	0.077	0.662	0.510
	veiculos_dia	0.001	0.001	0.102	0.946	0.347
	navios_espera	-0.182	0.078	-0.624	-2.331	0.022
	navios_atracado	0.337	0.188	0.391	1.798	0.076
2	intercept	-100.941	176.214		-0.573	0.568
	precipita	0.006	0.042	0.014	0.134	0.893
	ur	0.138	0.125	0.135	1.105	0.272
	pressao	0.100	0.178	0.072	0.560	0.577
	v_vento	0.228	1.280	0.018	0.178	0.859
	veiculos_ant	0.001	0.001	0.080	0.718	0.475
	veiculos_dia	0.001	0.001	0.104	0.984	0.328
	navios_espera	-0.178	0.067	-0.610	-2.652	0.010
	navios_atracado	0.332	0.179	0.384	1.854	0.067
	intercept	-96.879	172.547		-0.561	0.576
3	ur	0.141	0.122	0.138	1.161	0.249
	pressao	0.096	0.174	0.069	0.548	0.585
	v_vento	0.229	1.272	0.018	0.180	0.857
	veiculos_ant	0.001	0.001	0.080	0.721	0.473
	veiculos_dia	0.001	0.001	0.103	0.982	0.329
	navios_espera	-0.178	0.067	-0.608	-2.665	0.009
	navios_atracado	0.332	0.178	0.384	1.864	0.066
	intercept	-96.992	171.525		-0.565	0.573
	ur	0.137	0.119	0.134	1.154	0.252

## Coeficientes

Modelo	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
pressao	0.097	0.173	0.070	0.558	0.579
veiculos_ant	0.001	0.001	0.077	0.707	0.481
veiculos_dia	0.001	0.001	0.105	1.007	0.317
navios_espera	-0.176	0.066	-0.604	-2.677	0.009
navios_atracado	0.329	0.176	0.381	1.866	0.066
5 intercept	-1.577	11.633		-0.136	0.892
ur	0.171	0.102	0.167	1.685	0.096
veiculos_ant	0.001	0.001	0.084	0.786	0.434
veiculos_dia	0.001	0.001	0.096	0.938	0.351
navios_espera	-0.188	0.062	-0.645	-3.039	0.003
navios_atracado	0.350	0.172	0.405	2.040	0.045
6 intercept	3.155	9.930		0.318	0.751
ur	0.165	0.101	0.161	1.631	0.107
veiculos_dia	0.001	0.001	0.109	1.080	0.283
navios_espera	-0.206	0.058	-0.705	-3.573	< .001
navios_atracado	0.382	0.166	0.443	2.299	0.024
7 intercept	7.219	9.198		0.785	0.435
ur	0.168	0.101	0.164	1.662	0.100
navios_espera	-0.227	0.054	-0.777	-4.183	< .001
navios_atracado	0.429	0.161	0.497	2.670	0.009
8 intercept	22.111	2.100		10.528	< .001
navios_espera	-0.233	0.055	-0.798	-4.262	< .001
navios_atracado	0.406	0.162	0.471	2.513	0.014

Onde percebe-se que o modelo 8 é o que melhor se ajusta aos preditores ( $p \leq 0,05$ ):

$$\text{Concentração} = 22,111 - 0,233 \times \text{navios\_espera} + 0,406 \times \text{navios\_atracados}$$

com  $R^2 = 0,194$  (=19,4%) de explicação dos dados.

Resultados JASP **forward**:

## Regressão Linear

## Sumário do modelo

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado	RMSE
1	0.394	0.155	0.145	6.543
2	0.461	0.213	0.194	6.352

## ANOVA

Modelo		Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
1	Regression	682.7	1	682.68	15.94	< .001
	Residual	3724.9	87	42.82		



## ANOVA

Modelo		Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	Valor F	Valor p
	Total	4407.6	88			
2	Regression	937.6	2	468.78	11.62	< .001
	Residual	3470.0	86	40.35		
	Total	4407.6	88			

## Coeficientes

Modelo		Não ajustado	Erro padrão	Ajustado	Teste t	Valor p
1	intercept	20.999	2.115		9.929	< .001
	navios_espera	-0.115	0.029	-0.394	-3.993	< .001
2	intercept	22.111	2.100		10.528	< .001
	navios_espera	-0.233	0.055	-0.798	-4.262	< .001
	navios_atracado	0.406	0.162	0.471	2.513	0.014

Onde temos:

$$\text{Concentração} = 22,111 - 0.233 \times \text{navios\_espera} + 0,406 \times \text{navios\_atracados}$$

com  $R^2 = 0,194$  (=19,4%) de explicação dos dados.

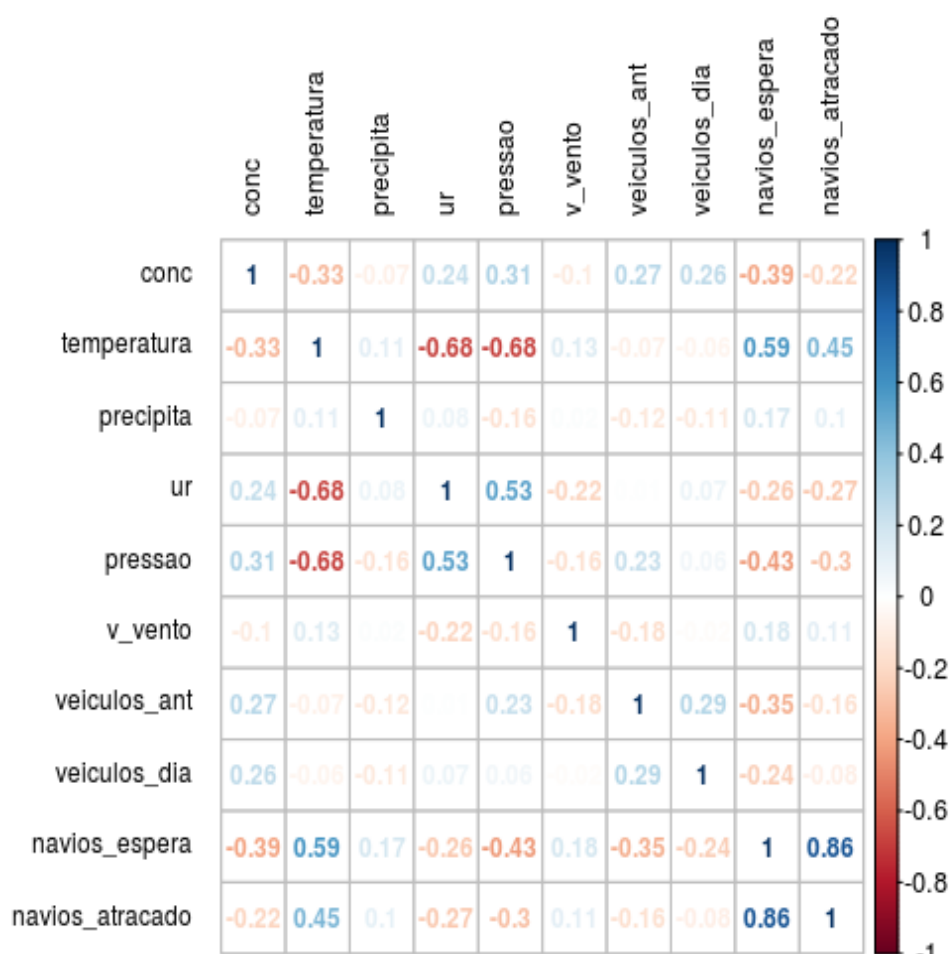
**Análise Fatorial NO<sub>2</sub>**

Vendo a correlação:

	Concentração	Temperatura	Precipitação	Umidade Relativa	Pressão	Velocidade do vento	Nº veículos dias anterior	Nº veículos no dia	Nº navios em espera	Nº navios atracados
Concentração	1	-0,33	-0,07	0,24	0,31	-0,10	0,27	0,26	-0,39	-0,22
Temperatura	-0,33	1	0,11	-0,68	-0,68	0,13	-0,07	-0,06	0,59	0,45
Precipitação	-0,07	0,11	1	0,08	-0,16	0,02	-0,12	-0,11	0,17	0,10
Umidade Relativa	0,24	-0,68	0,08	1	0,53	-0,22	0,01	0,07	-0,26	-0,27
Pressão	0,31	-0,68	-0,16	0,53	1	-0,16	0,23	0,06	-0,43	-0,30
Velocidade do vento	-0,10	0,13	0,02	-0,22	-0,16	1	-0,18	-0,02	0,18	0,11
Nº veículos dias anterior	0,27	-0,07	-0,12	0,01	0,23	-0,18	1	0,29	-0,35	-0,16
Nº veículos no dia	0,26	-0,06	-0,11	0,07	0,06	-0,02	0,29	1	-0,24	-0,08
Nº navios	-0,39	0,59	0,17	-0,26	-0,43	0,18	-0,35	-0,24	1	0,86

em  
espera  
Nº  
navios  
atracado  
s

-0,22    0,45    0,10    -0,27    -0,30    0,11    -0,16    -0,08    0,86    1

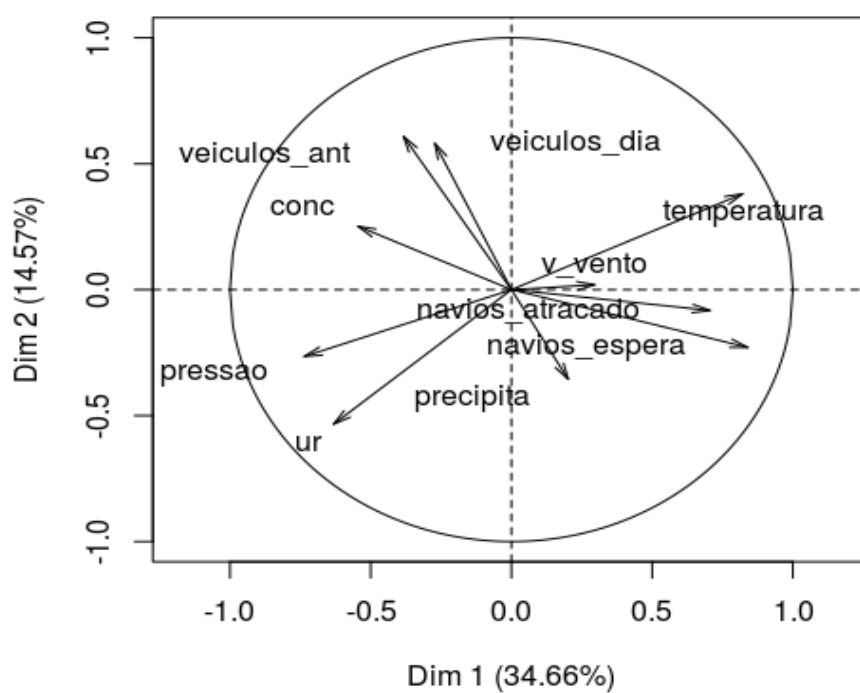
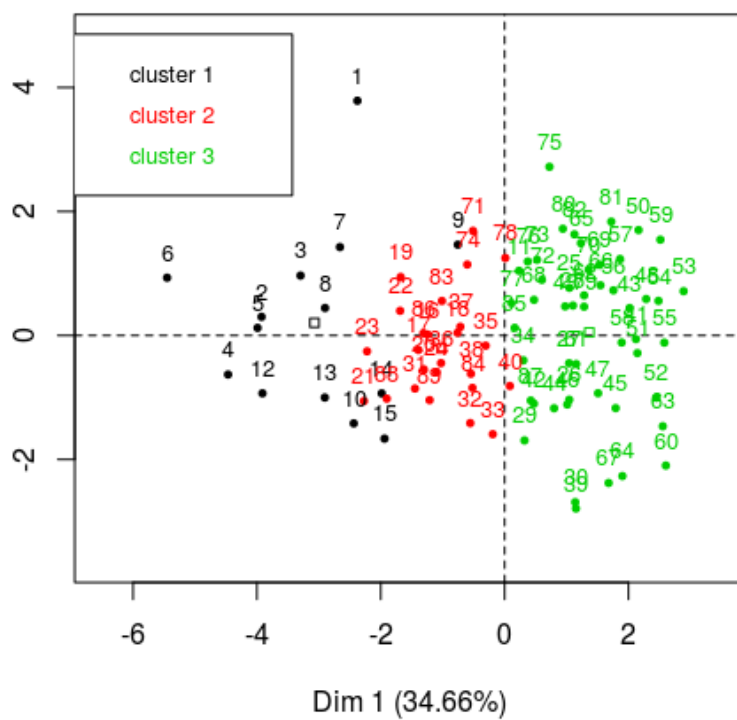


Onde pode ser perceber algumas relações entre temperatura, pressão, umidade relativa, veículos e navios. Contudo a matriz apresenta valores abaixo de 0,7 o que não possibilita os cálculos adequados à análise fatorial.

### PCA para NO<sub>2</sub>

Gráficos a seguir:

Factor map



## APÊNDICE 2 – CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS E CONCENTRAÇÃO DE NH<sub>3</sub> E NO<sub>2</sub>

### CORRELAÇÃO DE AMÔNIA

Junho

Correlações de Pearson										
		con	Temperat	Precipi	ur	press v	_ven	veículos	veículos	Navios
		c	ura	ta		ao	to	_ant	_dia	espera
										atracado
Concentra ção	Pearso	—	0.899	-0.324	0.16	-	-	-0.313	-0.674	0.020
	n's r	—			7	0.413	0.468			NaN
	p-value	—	0.006	0.478	0.72	0.357	0.290	0.494	0.097	0.966
					1					NaN

Julho

Correlações de Pearson										
		con	temperat	uprecipit	ur	press v	_ven	veiculos	veiculos	navios_e
		c	ra	a		ao	to	_ant	_dia	spera
										navios_atra
					-					
	Pearso				0.06	-				
	n's r	—	0.189	0.141	0	0.373	0.188	-0.229	-0.207	0.613
					0.87					0.268
conc	p-value	—	0.627	0.717	7	0.323	0.628	0.553	0.593	0.079
										0.485

Agosto

Correlações de Pearson										
		con	temperat	uprecipit	ur	press v	_ven	veiculos	veiculos	navios_e
		c	ra	a		ao	to	_ant	_dia	spera
										navios_atra
					-					
	Pearso				0.13					
	n's r	—	0.845	-0.026	9	0.159	0.280	-0.077	0.098	0.298
					0.70					-0.516
conc	p-value	—	0.002	0.944	2	0.661	0.434	0.832	0.787	0.403
										0.127

Setembro

## Correlações de Pearson

Correlações de Pearson												
		con temperatur		precipit		press v_ven		veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra	
		c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado	
		<hr/>										
		Pearso		-								
		n's r	—	0.537	-0.324	3	0.041	0.239	0.447	0.458	0.331	-0.135
				0.23								
conc	p-value	—	0.109	0.361	5	0.911	0.505	0.196	0.183	0.351	0.710	

## Outubro

## Correlações de Pearson

Correlações de Pearson											
		con temperatur		precipit	press v_ven		veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra	
		c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado
	Pearso				-						
	n's r	—	0.270	-0.452	0.171	0.494	0.625	0.368	-0.135	-0.175	0.151
					0.71						
conc	p-value	—	0.557	0.308	0.4	0.259	0.134	0.416	0.772	0.708	0.746

## Novembro

## Correlações de Pearson

Correlações de Pearson											
		con		temperatu	precipit		press v_ven	veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra
		c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado
	Pearso				-						
	n's r	—	0.249	-0.335	0.149	0.031	0.188	0.363	0.104	0.082	-0.036
					0.68						
conc	p-value	—	0.487	0.344	0.2	0.932	0.603	0.302	0.775	0.822	0.922

## Dezembro

## Correlações de Pearson

		con temperaturaprecipit				press v_ven		veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra
		c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado
	Pearso				0.32	-	-				
	n's r	—	-0.223	-0.159	1	0.153	0.293	0.325	0.388	-0.252	0.351
					0.39						
conc	p-value	—	0.565	0.683	9	0.694	0.444	0.393	0.303	0.513	0.355

## Correlações de Pearson

Condições do Carc									
con temperatu		precipit	press v_ven		veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra	
c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado

## Janeiro

## Correlações de Pearson

Correlações de Pearson											
		con temperatur		precipit		press v_ven	veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra	
		c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado
	Pearso				0.13	-	-				
	n's r	—	0.021	-0.337	5	0.419	0.502	-0.187	-0.040	0.358	-0.340
					0.75						
conc	p-value	—	0.961	0.414	0	0.301	0.205	0.658	0.924	0.384	0.410

## Fevereiro

## Correlações de Pearson

Correlações de Pearson											
		con	temperatu	precipit		press v_ven	veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra	
		c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado
	Pearso				-						
	n's r	—	-0.082	NaN	0	0.872	0.055	-0.249	-0.403	0.056	0.257
					0.86						
conc	p-value	—	0.848	NaN	8	0.005	0.896	0.552	0.322	0.895	0.538

## Março

## Correlações de Pearson

Condições de Pearson											
	Pearso				0.05						
	n's r	—	-0.026	0.765	8	0.210	0.525	0.184	0.546	-0.282	-0.465
					0.88						
conc	p-value	—	0.946	0.016	2	0.588	0.146	0.636	0.129	0.463	0.207

## Abril

## Correlações de Pearson

		con temperatur		precipit	press v_ven		veiculos	veiculos	navios_e	navios_atra	
		c	ra	a	ur	ao	to	_ant	_dia	spera	cado

## Correlações de Pearson

Correlações de Pearson										
	Conc	Preci	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr		
	. Temp.	p. U.R	. o	Ant.	Dia	sp.	ac.			
	5	0								
	0.55	0.14	0.37	0.27						
p-value	—	8	9	4	7	0.722	0.747	0.364	0.562	0.249

## Agosto

## Correlações de Pearson

Correlaciones de Pearson											
		ConcTemp		V_VentPrecip		Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr		
		.	.	U.R	Press.	o	.	Ant.	Dia	sp.	ac.
				-	-						
	Pearson		0.15	0.57	0.49		0.68				
	's r	—	5	6	4	0.568	0	0.367	0.373	0.347	0.406
			0.74	0.17	0.26		0.09				
Conc.	p-value	—	0	6	0	0.183	3	0.419	0.410	0.446	0.367

## Setembro

## Correlações de Pearson

Correlações de Pearson											
	Conc	Preci	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr			
	. Temp.	p. U.R	. o	Ant.	Dia	sp.	ac.				
	-	-									
Pearson	0.67	0.14	0.00	0.52							
's r	—	0	8	6	6	-0.114	0.157	0.141	-0.750	-0.185	
		0.06	0.72	0.98	0.18						
Conc.	p-value	—	9	6	8	1	0.789	0.710	0.740	0.032	0.661

## Outubro

## Correlações de Pearson

Correlation matrix of variables										
	Conc		Preci		Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
	. Temp.		p. U.R		. o	Ant.	Dia		sp.	ac.
	-		-		-					
	Pearson		0.21	0.17	0.56	0.05				
	's r	—	2	6	0	1	-0.377	0.247	0.164	0.323
			0.61	0.67	0.14	0.90				-0.589
Conc.	p-value	—	4	6	8	5	0.357	0.555	0.697	0.435
										0.124



## Novembro

## Correlações de Pearson

		Conc.	Temp.	Preci	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	p.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	-								
	's r		0.08	0.119	0.12	0.19	0.229	-0.028	0.389	-0.323	0.036
			1		3	7					
Conc.	p-value	—	0.86	0.79	0.79	0.67	0.621	0.952	0.389	0.480	0.938
			3	9	3	1					

## Dezembro

## Correlações de Pearson

		Conc.	Temp.	Preci	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	p.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	-	-	0.40	0.38					
	's r		0.43	0.53	7	6	-0.279	-0.674	0.510	-0.407	0.205
			9	9							
Conc.	p-value	—	0.27	0.16	0.31	0.34	0.503	0.067	0.197	0.317	0.626
			7	9	8	5					

## Janeiro

## Correlações de Pearson

		Conc	Temp	Precip	U.R	Press.	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	0.53	-	-		0.01				
	's r		8	0.52	0.36	-0.702	5	-0.840	0.120	-0.776	-0.339
				3	1						
Conc.	p-value	—	0.27	0.28	0.48	0.120	0.97	0.036	0.821	0.069	0.511
			1	7	2		7				

## Fevereiro

## Correlações de Pearson

		Conc	Temp	Precip	U.R	Press.	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	0.01	0.33	0.12	-	-0.813	0.578	0.049	-0.353	0.560
	's r		1	2	4	0.47					

## Correlações de Pearson

	Conc	Temp	Precip	U.R	Press.	V_Vent o	Ve.culos_ Ant.	Ve.culos_ Dia	Navios_e sp.	Navios_atr ac.
	.	.	.							
p-value	—	0.98 0	0.42 2	0.77 0	0.23 7	0.014	0.133	0.909	0.391	0.149

## Março

## Correlações de Pearson

	Pearson	—	0.13	-	0.09	0.84	0.196	0.382	0.092	-0.177	-0.245
Conc.	's r	—	2	0.58 6	9	8					
	p-value	—	0.77 7	0.16 7	0.83 4	0.01 6	0.674	0.398	0.844	0.705	0.597

## Abril

## Correlações de Pearson

Conc. vs 7 Pearson											
		Conc	Temp.	Preci	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	p.		.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	-		0.23	0.13	-					
	's r	—	0.10	8	9	0.27	-0.406	-0.096	0.427	-0.162	-0.299
			5			0					
	p-value	—	0.80	0.57	0.74	0.51					
			5	0	3	7	0.318	0.822	0.291	0.702	0.473

## Maio

## Correlações de Pearson

Correlaçoes de Pearson										
	Conc	Temp.	Preci	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
	.	.	p.		.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	-	-	-	0.30					
	's r	—	0.69	0.03	0.05	-0.211	0.254	0.149	-0.553	-0.143
			8	1	9	5				
	p-value	—	0.08	0.94	0.90	0.50	0.649	0.583	0.750	0.197
		1	7	0	7					

## CORRELAÇÃO SAZONAL DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO

## Inverno

## Correlações de Pearson

		Conc.	Temp.	Preci	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	p.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	-	0.07	0.18	0.35					
	's r		0.27	5	4	0	0.034	0.475	0.126	-0.013	0.181
	p-value	—	0.21	0.73	0.40	0.10					
			2	3	1	1	0.878	0.022	0.565	0.953	0.409

## Primavera

## Correlações de Pearson

		Conc.	Temp.	Preci	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	p.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	-	-	0.18	0.33					
	's r		0.15	0.13	1	2	0.007	-0.046	0.368	-0.091	-0.258
	p-value	—	0.46	0.53	0.39						
			7	4	6	0.113	0.975	0.830	0.077	0.671	0.223

## Verão

## Correlações de Pearson

		Conc	Temp	Precip	U.R	Press.	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	0.05	0.112	0.09	0.23					
	's r		7	7	1	1	-0.452	0.412	0.196	-0.439	-0.036
	p-value	—	0.80	0.62	0.69	0.31					
			7	9	5	3	0.039	0.063	0.395	0.047	0.876

## Outono

## Correlações de Pearson

		Conc	Temp.	Precip	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	-	0.15	-	-	-0.221	-0.077	0.172	-0.228	-0.070

Correlações de Pearson										
	Conc	Temp.	Precip	U.R	Press	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
	.	.	.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
				0.04	0.05					
's r	0.010	2		2	3					
p-value	—	0.971	0.56	0.87	0.83	0.394	0.770	0.510	0.378	0.791
			1	3	9					

## CORRELAÇÃO SAZONAL DE AMÔNIA

## Inverno

Correlações de Pearson											
		Conc	Temp	Precip	U.R	Press.	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	0.21	-		-					
	's r	—	4	0.06	0.117	0.16	0.131	0.055	-0.161	0.275	0.214
				6		3					
	p-value	—	0.26	0.73	0.54	0.39	0.498	0.775	0.404	0.148	0.266
		6	5	5	9						

## Primavera

Correlações de Pearson											
		Conc	Temp	Precip	U.R	Press.	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	.	.	.	o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	0.04	-	0.08	-					
	's r		1	0.25	5	0.03	-0.207	0.450	0.253	-0.255	-0.047
				5		9					
	p-value	—	0.84	0.20	0.67	0.85	0.309	0.021	0.213	0.208	0.821
		3	9	9	0						

## Verão

Correlações de Pearson											
Conc.		-	-	0.12	0.12						
	Pearson	—	0.12	0.15	8	4	-0.134	-0.099	-0.122	0.089	-0.175
	's r		8	2							
	p-value	—	0.54	0.46	0.54	0.55	0.524	0.637	0.563	0.674	0.403

Correlações de Pearson											
Conc.	Pearson 's r	—	-	-	0.12	0.12	-0.134	-0.099	-0.122	0.089	-0.175
		0.12	0.15	8	4						
		8	2	8	4						
		1	8	2	3						

## Outono

Correlações de Pearson											
		Conc	Temp	Precip	U.R	Press.	V_Vent	Ve.culos_	Ve.culos_	Navios_e	Navios_atr
		.	.	.			o	Ant.	Dia	sp.	ac.
Conc.	Pearson	—	0.18	-	0.16	-					
	's r		8	0.30	6	0.04	-0.163	-0.102	0.193	0.137	-0.075
	p-value	—	0.41	0.17	0.47	0.83					
			5	6	1	6	0.479	0.659	0.402	0.555	0.747

### APÊNDICE 3 – TABELA DE CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO E AMÔNIA COM VARIÁVEIS.

#### Amônia

<b>Datas</b>	<b>Conc.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Precip.</b>	<b>U.R</b>	<b>Press.</b>	<b>V_Vento</b>	<b>Veículos _Ant.</b>	<b>Veículos _Dia</b>	<b>Navios _Esp.</b>	<b>Navios _Atrac .</b>
12/06/2015	2,0417	17,675	0,000	80,800	1017,70	0,900	8593	7583	4	0
15/06/2015	0,6991	15,200	0,200	94,100	1013,58	1,600	3562	7349	4	0
17/06/2015	1,3781	15,450	0,000	90,650	1016,53	0,900	8352	7992	5	0
19/06/2015	0,4059	14,325	0,000	92,450	1024,70	2,500	8165	8015	7	0
22/06/2015	2,2423	17,225	0,000	99,575	1020,78	1,200	3578	7192	8	0
24/06/2015	0,3904	14,325	0,000	86,225	1028,93	1,000	8263	8364	9	0
29/06/2015	1,7330	15,375	0,000	98,750	1019,28	1,600	3415	7380	11	0
01/07/2015	1,0849	18,750	0,200	97,850	1015,35	1,300	7867	7944	14	0
06/07/2015	0,6219	14,025	0,000	96,900	1020,47	1,100	2864	6373	22	0
08/07/2015	1,1620	17,975	0,000	97,000	1013,38	1,500	7341	7189	25	0
10/07/2015	1,2238	15,175	0,000	93,050	1017,58	0,300	7238	7082	26	0
13/07/2015	1,4090	21,800	1,200	73,825	1012,97	6,350	2535	6015	31	0
15/07/2015	1,0077	17,850	0,000	100,000	1020,50	0,775	6874	6650	36	0
20/07/2015	1,9028	16,700	0,000	100,000	1016,25	1,675	2690	6161	45	0
24/07/2015	1,4398	16,600	0,000	100,000	1018,80	0,400	7407	7098	51	1
27/07/2015	1,3935	13,675	0,000	100,000	1018,85	0,325	3139	7180	56	1
03/08/2015	0,0000	16,725	0,000	97,625	1015,10	0,475	3131	6830	65	18
05/08/2015	1,3318	18,575	0,000	100,000	1018,10	1,050	7876	8027	59	16
10/08/2015	1,9645	20,425	0,200	94,600	1022,00	2,525	2556	7336	67	16
14/08/2015	1,4861	18,875	0,000	97,325	1020,90	1,375	7304	7285	61	15
17/08/2015	1,2855	18,800	0,000	97,850	1022,35	0,825	3240	6834	66	17
19/08/2015	1,1929	20,175	0,000	84,050	1011,60	2,625	7800	7971	63	19
21/08/2015	0,3596	15,675	0,000	91,225	1022,33	1,725	8492	8218	57	21
24/08/2015	0,4985	16,500	0,600	99,875	1019,35	2,925	3610	7106	58	17
26/08/2015	1,0077	16,975	0,600	100,000	1017,70	0,550	7982	7974	66	23
28/08/2015	0,3904	14,525	0,000	100,000	1021,53	0,725	7670	7409	64	23
02/09/2015	6,9028	14,850	0,200	97,400	1022,13	2,100	7440	7617	67	21
09/09/2015	0,9614	18,200	0,800	93,575	1010,20	0,600	4834	6848	71	19
11/09/2015	0,4367	16,775	0,000	97,650	1007,90	0,600	6914	7099	75	20
14/09/2015	1,2855	14,150	0,000	97,700	1021,75	1,700	2815	5828	72	23
16/09/2015	4,2639	18,325	0,000	99,350	1010,30	1,600	7448	6543	77	25

<b>Datas</b>	<b>Conc.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Precip.</b>	<b>U.R</b>	<b>Press.</b>	<b>V_Vento</b>	<b>Veículos _Ant.</b>	<b>Veículos _Dia</b>	<b>Navios _Esp.</b>	<b>Navios _Atrac .</b>
18/09/2015	4,9275	21,450	0,000	97,400	1009,33	1,300	6796	6620	77	18
21/09/2015	3,0910	19,475	0,000	95,325	1014,05	0,900	2717	6181	80	19
23/09/2015	7,5201	20,975	0,000	93,725	1010,30	1,500	6747	7179	80	19
25/09/2015	9,8966	21,925	0,000	92,500	1009,93	1,000	7306	7208	80	20
28/09/2015	5,1127	20,050	0,000	95,175	1008,20	4,500	2772	6026	83	18
05/10/2015	1,5789	15,825	0,800	98,100	1018,75	2,500	2610	5664	82	21
07/10/2015	11,0877	19,375	0,000	92,725	1014,70	1,000	6398	5428	83	22
16/10/2015	9,9649	21,050	0,000	92,825	1011,20	1,200	6559	6877	68	17
19/10/2015	4,1228	16,575	0,000	90,075	1020,00	1,300	2722	6126	67	17
21/10/2015	7,1930	22,200	0,000	83,100	1008,15	2,200	7165	7065	70	20
28/10/2015	0,0351	21,875	0,000	89,900	1015,85	3,700	7335	7143	79	18
29/10/2015	6,6491	23,750	0,000	81,825	1018,55	3,700	7143	7023	79	17
09/11/2015	0,9649	20,300	0,200	94,575	1014,48	1,700	2182	3803	88	22
11/11/2015	8,8947	22,350	0,000	94,925	1011,08	1,000	4522	5314	82	23
13/11/2015	1,5965	22,000	0,200	94,275	1008,40	0,700	6298	6487	85	21
16/11/2015	3,9649	20,150	0,000	86,900	1002,23	0,700	2845	5882	81	19
18/11/2015	3,6842	22,375	0,000	85,700	1005,00	1,000	6488	6484	83	22
20/11/2015	0,7719	23,950	0,000	91,675	999,35	0,900	6738	6818	76	24
23/11/2015	0,0000	21,375	0,000	94,750	1009,08	2,100	2666	5831	83	22
25/11/2015	8,8596	22,125	0,000	87,725	1009,93	1,700	6561	6252	89	22
27/11/2015	4,2632	24,175	0,000	85,750	1012,35	0,600	6581	6761	92	20
30/11/2015	0,6316	19,625	0,000	85,375	1017,03	1,600	2415	5434	92	22
07/12/2016	0,4211	20,025	0,000	91,125	1012,28	1,300	2094	5268	87	16
11/12/2016	4,9298	25,450	0,000	70,625	1012,13	1,600	6052	5748	94	25
14/12/2016	3,6842	24,275	0,000	87,550	1007,83	1,800	2401	5646	90	23
16/12/2016	4,3158	23,200	0,000	83,750	1015,30	3,300	6691	6725	88	21
17/12/2016	0,0000	27,525	0,000	66,825	1013,48	3,100	6725	7173	90	24
18/12/2016	9,8421	24,925	0,000	85,300	1009,53	1,400	7173	7159	87	24
23/12/2016	4,1754	25,425	0,000	88,250	1010,38	1,200	7483	6768	100	22
29/12/2016	1,9298	24,425	0,200	92,800	1010,28	1,400	5701	6375	96	18
30/12/2016	0,0526	32,450	0,000	57,975	1008,88	2,300	6375	5830	98	24
13/01/2016	16,3860	25,050	0,000	93,875	1006,48	1,400	6470	6759	95	21
15/01/2016	0,0000	26,000	0,000	74,150	1008,60	2,800	6958	6738	93	22
18/01/2016	8,5439	22,375	0,000	87,050	1012,33	1,600	2996	6078	86	18
20/01/2016	11,5614	24,325	0,000	77,025	1012,78	2,000	7003	7317	89	21
22/01/2016	0,6140	22,275	1,200	91,050	1014,48	2,900	7166	6721	89	24
25/01/2016	4,1579	23,650	0,000	87,000	1011,40	1,800	3227	6295	79	18
27/01/2016	1,5965	23,725	0,000	89,600	1010,63	4,400	7079	7036	84	21
29/01/2016	1,8421	25,675	0,000	91,325	1013,38	1,100	7288	7271	87	22

<b>Datas</b>	<b>Conc.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Precip.</b>	<b>U.R</b>	<b>Press.</b>	<b>V_Vento</b>	<b>Veículos _Ant.</b>	<b>Veículos _Dia</b>	<b>Navios _Esp.</b>	<b>Navios _Atrac .</b>
12/02/2016	8,7719	26,125	0,000	90,850	1013,08	1,400	6996	7200	89	25
13/02/2016	5,1053	27,450	0,000	61,025	1012,15	1,500	7200	5584	87	24
15/02/2016	3,0175	24,950	0,000	90,575	1009,98	1,300	3770	6561	88	22
17/02/2016	2,8772	24,550	0,000	92,725	1009,90	0,900	7363	7612	89	26
19/02/2016	0,0000	25,850	0,000	88,850	1009,53	1,600	7829	7962	96	25
20/02/2016	1,1228	30,275	0,000	72,225	1009,30	1,300	7962	6028	89	22
24/02/2016	0,0000	25,625	0,000	87,500	1009,20	0,600	7782	8025	86	27
26/02/2016	0,0000	26,675	0,000	85,000	1006,40	1,900	7371	7804	81	16
07/03/2016	0,0000	23,050	0,000	91,225	1011,48	0,900	3931	7086	83	21
09/03/2016	0,0000	24,425	0,000	92,500	1011,23	1,500	7889	7931	83	23
11/03/2016	0,8772	23,075	0,000	85,800	1006,28	1,600	7621	8026	84	24
14/03/2016	1,3158	20,070	0,000	87,025	1018,48	1,100	4064	7665	78	18
16/03/2016	6,7544	22,900	0,000	92,400	1019,10	0,900	8085	8314	78	20
18/03/2016	5,3684	25,425	0,000	93,475	1015,78	1,100	8120	8128	80	17
21/03/2016	7,9123	23,775	0,000	81,725	1013,40	1,400	4008	7444	77	17
22/03/2016	13,8772	22,025	0,200	89,800	1013,55	2,400	8223	8598	76	19
30/03/2016	0,0000	22,925	0,000	83,450	1016,55	1,500	8294	7978	70	19
06/04/2016	11,7193	24,175	0,000	88,100	1013,68	1,800	8343	8466	71	20
08/04/2016	0,0000	25,825	0,000	84,900	1010,88	1,000	8422	7991	76	17
13/04/2016	5,3158	24,950	0,000	90,575	1015,83	0,900	7542	7430	74	20
15/04/2016	6,1754	24,175	0,000	90,750	1014,13	0,800	7753	7907	78	23
18/04/2016	10,5614	23,700	0,000	91,875	1014,55	0,200	3329	7104	68	19
20/04/2016	3,8596	23,925	0,000	82,850	1011,95	2,100	8137	8411	69	21
25/04/2016	11,2456	26,700	0,000	74,725	1004,80	0,900	3408	6679	62	19
27/04/2016	0,0000	13,875	1,000	83,225	1011,90	2,200	8182	7806	62	17
30/04/2016	11,0702	15,275	0,000	83,775	1016,38	1,000	8313	5655	59	20
04/05/2016	1,4561	19,350	0,000	83,700	1017,43	1,700	6349	6248	61	18
11/05/2016	5,5263	19,555	0,200	93,000	1012,00	1,150	6684	6705	66	26
13/05/2016	0,0000	18,111	0,800	88,000	1020,00	1,175	6781	4261	66	21
16/05/2016	0,0000	23,225	0,000	69,575	1008,25	2,725	5584	6453	65	20
18/05/2016	0,0000	15,375	0,000	85,650	1016,78	1,000	6501	6561	61	22
20/05/2016	9,5088	15,999	0,000	85,000	1020,00	0,950	6256	4212	65	23
23/05/2016	6,6667	17,200	0,000	79,053	1015,33	2,100	5056	5255	67	22
25/05/2016	0,0000	14,025	0,000	93,950	1014,58	0,800	2300	536	70	27
30/05/2016	9,5965	15,020	0,000	95,000	1018,18	0,650	4534	5153	68	20



## Dióxido de Nitrogênio

Datas	Conc.	Temp.	Precip.	U.R	Press.	V_Vento	Veículos_Ant.	Veículos_Dia	Navios_Esp.	Navios_atrac.
11/06/2015	28,17	24,914	0,000	71,633	1010,09	2,062	8578	8593	3	0
13/06/2015	29,03	17,472	3,400	92,254	1013,32	1,701	7583	5808	4	0
18/06/2015	19,52	17,280	5,000	93,569	1013,43	3,784	7992	8165	7	0
20/06/2015	13,46	14,914	1,000	89,048	1026,77	1,461	8015	5388	7	0
23/06/2015	16,49	17,905	1,000	95,433	1021,31	2,624	7192	8263	9	0
26/06/2015	30,33	17,948	0,600	90,745	1029,83	1,771	8482	7848	9	0
30/06/2015	17,79	20,868	0,400	82,381	1013,64	1,841	7380	7867	14	0
04/07/2015	22,11	18,125	0,000	83,000	1013,00	1,400	7608	5041	16	0
09/07/2015	0,00	19,652	0,200	68,000	1011,00	2,000	7189	7238	25	0
11/07/2015	7,83	18,260	4,400	93,000	1015,00	1,500	7082	4272	30	0
14/07/2015	6,97	24,961	0,000	70,683	1011,80	3,868	6015	6728	34	0
16/07/2015	18,65	17,408	0,000	98,700	1022,30	1,715	6970	6874	37	0
18/07/2015	24,70	18,631	0,000	88,644	1021,25	2,313	6650	4489	41	0
21/07/2015	7,83	18,082	7,000	92,019	1016,29	2,766	6161	7251	45	0
25/07/2015	0,00	17,868	14,000	90,477	1019,09	1,591	7098	5254	50	1
04/08/2015	19,08	19,878	0,000	87,222	1019,63	2,631	6830	7876	65	21
11/08/2015	9,99	21,245	0,000	89,351	1022,65	2,078	7336	7743	64	20
18/08/2015	14,75	21,749	0,000	88,123	1016,45	2,430	6834	7800	69	19
20/08/2015	26,43	18,265	2,000	86,747	1019,65	3,641	7971	8492	62	22
22/08/2015	10,86	18,192	0,000	92,777	1017,53	2,819	8218	5958	56	22
25/08/2015	7,40	16,231	1,000	97,628	1020,19	1,611	7106	7982	58	18
27/08/2015	29,03	19,826	22,000	90,566	1014,91	2,292	7974	7670	64	20
03/09/2015	22,54	17,001	2,163	96,332	1015,54	1,472	7617	7719	71	19
12/09/2015	30,33	16,097	3,600	80,558	1018,42	2,362	7099	4708	76	23
17/09/2015	19,51	25,172	0,400	79,388	1008,90	3,634	6543	6796	75	20
19/09/2015	9,13	24,398	0,000	83,344	1013,50	2,733	6620	4142	82	21
22/09/2015	6,10	23,526	0,000	83,201	1012,33	2,444	6181	6747	84	23
24/09/2015	3,50	24,981	0,000	84,516	1006,30	2,032	7179	7306	78	21
26/09/2015	0,91	20,706	4,400	91,904	1014,29	2,324	7208	4751	81	22
28/09/2016	12,16	20,295	6,000	89,464	1008,82	2,929	2772	6026	83	18
01/10/2015	19,94	18,873	2,000	93,366	1015,51	1,300	6861	6583	80	18
06/10/2015	15,62	18,708	2,000	87,204	1018,40	1,819	5664	6398	83	22
17/10/2015	13,45	18,077	0,000	88,575	1019,21	3,654	6877	4634	83	22
20/10/2015	9,56	21,961	0,000	85,990	1011,95	2,059	6136	7165	71	24
22/10/2015	15,19	20,835	7,636	90,634	1009,71	2,541	7065	7128	74	18
27/10/2015	19,51	21,266	1,000	93,306	1013,60	2,013	6520	7335	77	16

<b>Datas</b>	<b>Conc.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Precip.</b>	<b>U.R</b>	<b>Press.</b>	<b>V_Vento</b>	<b>Veículos_Ant.</b>	<b>Veículos_Dia</b>	<b>Navios_Esp.</b>	<b>Navios_atrac.</b>
28/10/2015	20,38	21,129	1,800	88,723	1014,23	2,671	7335	7143	79	18
29/10/2015	11,29	21,483	7,800	91,156	1017,18	2,905	7143	7023	79	17
10/11/2016	5,23	23,864	0,000	86,893	1015,34	1,752	3803	4522	86	21
12/11/2016	20,40	23,223	1,200	87,249	1011,24	1,793	5314	6298	80	19
14/11/2016	12,59	26,513	2,000	76,633	1005,40	2,676	6487	4346	83	22
17/11/2016	6,52	22,084	8,600	89,219	1008,77	1,721	5882	6488	81	17
19/11/2016	6,97	26,025	0,000	81,890	1002,00	2,559	6484	6738	81	23
26/11/2016	15,62	23,855	36,600	87,814	1012,85	2,679	6252	6581	91	22
28/11/2016	2,10	24,486	17,200	82,691	1008,07	1,994	6761	4492	93	20
08/12/2016	15,62	25,377	10,000	85,419	1013,79	2,756	5268	6129	90	21
12/12/2016	15,62	26,958	0,200	82,955	1010,40	2,480	5748	4403	91	21
15/12/2016	13,89	31,608	7,800	75,156	1008,15	2,354	5646	6691	85	22
17/12/2016	14,32	26,794	0,000	80,960	1013,21	2,215	6725	7173	90	24
18/12/2016	12,59	31,477	0,000	72,754	1008,44	2,401	7173	7159	87	24
19/12/2016	6,97	27,953	30,000	77,027	1010,21	3,076	7159	5023	86	20
24/12/2016	7,40	30,417	8,200	80,658	1010,24	2,395	6768	3046	101	21
30/12/2016	9,56	32,904	0,000	73,727	1007,81	2,267	6375	5830	98	24
14/01/2016	4,09	28,283	1,000	77,972	1008,95	3,438	6759	6958	95	24
16/01/2016	7,62	28,117	0,000	75,248	1009,87	2,863	6738	4499	95	26
19/01/2016	11,95	27,685	0,000	72,909	1011,61	2,556	6078	7003	86	22
21/01/2016	5,27	27,985	0,000	71,415	1013,30	3,050	7317	7166	90	20
23/01/2016	7,62	27,908	0,000	74,301	1013,61	2,333	6721	4645	86	24
26/01/2016	12,34	33,108	1,000	72,214	1006,03	2,643	6295	7079	82	20
01/02/2016	0,00	28,638	3,066	82,359	1012,39	3,278	3058	5886	90	17
06/02/2016	5,66	28,077	0,800	83,284	1015,13	2,550	7082	5110	92	17
12/02/2016	9,59	27,200	0,000	78,935	1012,65	2,064	6996	7200	89	25
14/02/2016	9,59	29,131	39,600	77,083	1007,98	1,870	5584	3770	85	22
16/02/2016	9,20	27,183	129,000	87,848	1010,88	2,299	6561	7363	88	24
18/02/2016	13,52	31,198	1,400	82,275	1008,98	1,984	7612	7829	90	21
20/02/2016	7,23	29,350	0,000	80,981	1009,26	2,107	7962	6028	89	22
21/02/2016	14,31	26,708	73,000	85,902	1010,67	2,223	6028	4234	88	21
08/03/2016	8,41	27,248	1,600	84,519	1013,71	2,025	7085	7889	82	19
10/03/2016	4,21	28,381	12,000	82,093	1005,82	2,106	7931	7621	82	21
12/03/2016	9,25	26,821	12,000	71,793	1012,19	2,801	8026	5876	81	17
17/03/2016	21,45	27,792	0,000	83,003	1017,29	2,259	8314	8120	78	19
19/03/2016	12,62	28,515	0,000	81,181	1013,86	2,639	8128	5985	80	17
22/03/2016	9,25	26,000	1,000	81,226	1010,52	2,063	7444	8223	76	19
24/03/2016	9,67	24,015	2,200	86,065	1013,56	1,850	8598	7899	70	17
07/04/2016	17,66	30,927	0,000	76,384	1009,82	1,875	8466	8421	71	23
09/04/2016	21,87	30,396	1,8	81,975	1010,24	1,804	7991	5641	75	17

<b>Datas</b>	<b>Conc.</b>	<b>Temp.</b>	<b>Precip.</b>	<b>U.R</b>	<b>Press.</b>	<b>V_Vento</b>	<b>Veículos_Ant.</b>	<b>Veículos_Dia</b>	<b>Navios_Esp.</b>	<b>Navios_atrac.</b>
12/04/2016	13,88	27,608	0,000	84,329	1014,59	2,121	6644	7542	71	18
14/04/2016	18,08	28,323	0,600	83,227	1012,86	1,721	7430	7753	72	20
16/04/2016	1,68	30,031	0,000	80,395	1013,53	2,078	7907	5553	75	21
19/04/2016	15,98	31,127	0,000	77,344	1012,38	1,836	7104	8137	73	24
21/04/2016	10,93	32,060	0,000	73,246	1009,81	1,928	8411	5891	72	26
26/04/2016	15,56	26,029	6,400	76,399	1003,83	2,348	6679	8182	62	21
12/05/2016	12,20	19,071	0,000	83,370	1018,42	2,467	7780	7964	64	21
14/05/2016	13,46	20,906	0,600	85,233	1020,69	2,509	7529	4756	69	24
17/05/2016	13,04	19,763	0,000	75,351	1013,63	1,961	5860	7186	62	23
19/05/2016	18,08	16,621	0,000	79,826	1020,69	2,270	7174	6897	61	22
21/05/2016	10,09	22,496	0,000	81,974	1016,59	2,429	6596	4339	70	23
25/05/2016	13,04	16,398	0,000	89,420	1026,78	1,557	7022	7454	70	27
26/05/2016	15,56	18,383	0,000	86,394	1021,10	1,787	7454	4815	67	23